

538,770

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 6 月 24 日 (24.06.2004)

PCT

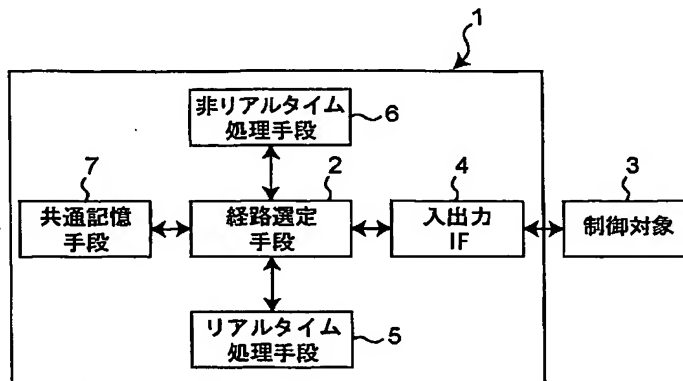
(10) 国際公開番号
WO 2004/052598 A1

- (51) 国際特許分類: B25J 13/00 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015834 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡崎 安直 (OKAZAKI, Yasunao) [JP/JP]; 〒525-0026 滋賀県草津市 渋川 2-7-28 Shiga (JP). 崎山 一幸 (SAKIYAMA, Kazuyuki) [JP/JP]; 〒575-0013 大阪府四條畷市 田原台 7 丁目 2 番 8-103 Osaka (JP). 浅井 勝彦 (ASAI, Katsuhiko) [JP/JP]; 〒630-8115 奈良県奈良市 大宮町 4-235-1-302 Nara (JP). 山本 正樹 (YAMAMOTO, Masaki) [JP/JP]; 〒631-0035 奈良県奈良市 学園中 1-1542-190-504 Nara (JP).
(22) 国際出願日: 2003 年 12 月 11 日 (11.12.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願 2002-360804
2002 年 12 月 12 日 (12.12.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府門真市大字門真 1006 番地 Osaka (JP). (74) 代理人: 河宮 治, 外 (KAWAMIYA, Osamu et al.); 〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見 1 丁目 3 番 7 号 IMP ビル 青山特許事務所 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: ROBOT CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: ロボット制御装置



6...NON-REAL TIME PROCESSING MEANS
7...COMMON STORAGE MEANS
2...ROUTE SELECTION MEANS
4...I/O IF
3...CONTROL OBJECT
5...REAL TIME PROCESSING MEANS

(57) Abstract: It is possible to realize a robot control device capable of handling large-capacity data such as image required for increasing the intellectual ability of control by using a simple structure and maintaining real time. For this, the device includes operation control means (5) for performing calculation processing for realizing operation control of a control object (3), recognition/planning means (6) for performing work/operation planning and outer field recognition of the control object, an I/O interface (4) for outputting an instruction to the control object and inputting the state of the control object, and route selection means (2) for controlling communication by switching connection between the operation control means, the recognition/planning means, and the I/O interface. Operation of the robot as the control object is controlled according to the result of the work/operation planning and the outer field recognition while controlling the communication by switching the connection between the operation control means, the recognition/planning means, and the I/O interface by the route selection means.

(57) 要約: 制御の高度な知能化のために必要な画像などの大容量データを簡素な構造でリアルタイム性を確保しつつ扱うことのできるロボット制御装置を実現する。このため、制御対象 (3) の動作制御を実現するための計算処理を行う動作制御手段 (5) と、上記制御対象の作業・動作計画や外界認識を行う認識・計画手段 (6) と、上

[続葉有]

WO 2004/052598 A1



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッ

パ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

記制御対象への指令を出力し、上記制御対象の状態を入力するための入出力インターフェース（４）と、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御する経路選定手段（２）とを備えて、上記経路選定手段で、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御しながら、上記制御対象の上記作業・動作計画及び上記外界認識の結果に基づいて上記制御対象であるロボットの動作を制御する。

明 細 書

ロボット制御装置

5 技術分野

本発明は、知能ロボット等を実現するための、認識、判断、作業計画、動作計画などの処理を行う認識・計画処理系と実時間制御を行う動作制御処理系の分散階層構造を有するロボット制御装置に関する。ここで、作業計画とは、組み立て作業の場合を例にとると、部品をどういう順序で組み立てるかとか、部品同士をどのように組み付けるとか抽象的な概念レベルでの計画プロセスを指す。一方、動作計画は実際の組み立て作業を実現するための手先の動作のための目標軌道生成や、力制御のための目標値生成を行う計画プロセスを指す。

背景技術

15 高度な知的能力を有する知能ロボットを実現するためには、動作制御を行う動作制御系に加えて、外界の認識や作業計画、動作計画などの知能的な処理を行う認識・計画処理系が必要となる。

こうした知能的なロボットの制御装置を実現する構造としては図10に示す構造が考えられる。図10では、上記制御装置は、制御対象105に接続される入出力インターフェース104と、入出力インターフェース104に接続される動作制御手段101と、動作制御手段101に接続される共有メモリ103と、共有メモリ103に接続される認識・計画手段102とが直列的に接続配置されるように構成されている。

ロボットの動作制御を行う動作制御系は、実時間性が必要とされるため、オペレーションシステム（OS）を使用せず直接制御プログラムを実行する処理系やリアルタイムOSを使用したシステムで構成される動作制御手段101で実現される。

一方、認識や作業・動作計画などの処理は実時間性を必要とせず、ソフトウェアの開発環境や高速処理能力などの点から汎用のマルチタスクOSを搭載した、

例えば、パーソナルコンピュータやワークステーションなどの計算機システムで構成することが好ましく、１０２で示される認識・計画手段として、動作制御手段１０１とは独立して並列で動作する処理系で実現される。

5 こうした、動作制御手段１０１と認識・計画手段１０２という並列階層構造を採る場合、例えば、認識・計画手段１０２の認識・計画プログラムが生成する目標軌道を動作制御手段１０１に転送する場合に、時間的な受け渡しタイミングの問題が発生する。

10 この問題に対し、図１０に示す制御装置では、共有メモリ１０３を設けることにより、認識・計画手段１０２は目標軌道を共有メモリ１０３に書き込み、動作制御手段１０１は共有メモリ１０３より目標軌道を読み込むことにより時間的なタイミングの緩衝を実現する（例えば、特開平６－２９００６０号公報参照。）。

図１０に示す制御装置では、動作制御手段１０１、認識・計画手段１０２及び共有メモリ１０３を接続する方法としては拡張性の点から共通バス方式が採られる。

15 しかしながら、上記従来構造では、さらなる知能高度化のため、複数の写像装置による複数の画像や高精細な画像の取り込みを行い、大容量のデータを扱おうとすると、バスの競合からデータ転送待ち時間が発生し、リアルタイム性が確保できなくなる問題が発生する。

20 こうした問題を回避するため、画像転送専用のバスを設けたり、各手段間を接続する専用バスを設けたりすることは、バス配線の増加などシステムの複雑化を招き、システムの拡張性の点でも問題である。

従って、本発明の目的は、上記従来構造の課題を解決し、制御の高度な知能化のために必要な画像などの大容量データを簡素な構造でリアルタイム性を確保しつつ扱うことのできるロボット制御装置を提供することにある。

25

発明の開示

本発明は、上記目的を達成するため、以下のように構成している。

本発明の第１態様によれば、制御対象の動作制御を実現するための計算処理を行う動作制御手段と、

上記制御対象の作業・動作計画や外界認識を行う認識・計画手段と、

上記制御対象への指令を出力し、上記制御対象の状態を入力するための入出力インターフェースと、

5 上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御する経路選定手段とを備えて、

上記経路選定手段で、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御しながら、上記制御対象の上記作業・動作計画及び上記外界認識の結果に基づいて上記制御対象であるロボットの動作を制御するロボット制御装置を提供する。

10 例えば、この第1態様の1つの具体的な例として、実時間制御を実現するための計算処理を行う動作制御手段と、

 知能処理を実現するための計算処理を行う認識・計画手段と、

 制御対象への指令を出力し、上記制御対象の状態を入力するための入出力インターフェースと、

15 上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御する経路選定手段とを備えて、

 上記経路選定手段で、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御しながら、上記制御対象であるロボットの動作を制御するロボット制御装置を提供する。

20 本発明の第2態様によれば、制御対象の動作制御を実現するための演算処理を行う動作制御手段と、

 上記制御対象の作業・動作計画や外界認識を行う認識・計画手段と、

 上記制御対象への指令を出力し、上記制御対象の状態を入力するための入出力インターフェースと、

25 上記認識・計画手段と接続される第1経路選定手段と、

 上記動作制御手段と上記第1経路選定手段と上記入出力インターフェースと接続される第2経路選定手段とを備えて、

 上記第1経路選定手段は、上記第2経路選定手段と上記認識・計画手段との接続を切り換えることで通信を制御するとともに、上記第2経路選定手段は、上記

認識・計画手段と上記第1経路選定手段と上記入出力インターフェースとの接続を切り換えることで通信を制御しながら、上記制御対象の上記作業・動作計画及び上記外界認識の結果に基づいて上記制御対象であるロボットの動作を制御するロボット制御装置を提供する。

5 例えば、この第2態様の1つの具体的な例として、実時間制御を実現するための計算処理を行う動作制御手段と、

 知能処理を実現するための計算処理を行う認識・計画手段と、

 制御対象への指令を出力し、上記制御対象の状態を入力するための入出力インターフェースと、

10 上記認識・計画手段と接続される第1経路選定手段と、

 上記動作制御手段と上記第1経路選定手段と上記入出力インターフェースと接続される第2経路選定手段とを備えて、

 上記第1経路選定手段は、上記第2経路選定手段と上記認識・計画手段との接続を切り換えることで通信を制御するとともに、上記第2経路選定手段は、上記
15 動作制御手段と上記第1経路選定手段と上記入出力インターフェースとの接続を切り換えることで通信を制御しながら、上記制御対象であるロボットの動作を制御するロボット制御装置を提供する。

 本発明の第3態様によれば、上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する機能を有して、上記経路選定手段により、上記データ転送の優先順位に従
20 って上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした第1又は2の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

 本発明の第4態様によれば、上記経路選定手段は、上記制御対象の制御状況に応じてデータ転送の優先順位を制御して、上記経路選定手段により、上記制御対象の制御状況に応じて上記データ転送の優先順位に従って上記動作制御手段と
25 上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした第3の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

 本発明の第5態様によれば、上記経路選定手段は、転送データ中に埋め込まれた優先順位データによりデータ転送の優先順位を制御する第3の態様に記載のロ

ボット制御装置を提供する。

本発明の第 6 態様によれば、上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する際に、非優先データの転送を一時停止するよう動作する第 3 の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

5 本発明の第 7 態様によれば、上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する際に、非優先データの間引きを実行するよう動作する第 3 の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

10 本発明の第 8 態様によれば、上記経路選定手段は、データ転送容量の占有率を制御する機能を有して、上記経路選定手段により、上記データ転送容量の占有率に従って上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした第 1 又は 2 の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

15 本発明の第 9 態様によれば、上記経路選定手段は、上記制御対象の制御状況に応じて上記データ転送容量の上記占有率を制御して、上記経路選定手段により、上記制御対象の制御状況に応じて上記データ転送容量の上記占有率に従って上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした第 8 の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

20 本発明の第 10 態様によれば、上記経路選定手段は、転送データ中に埋め込まれた占有率データにより上記データ転送容量の上記占有率を制御する第 8 の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

25 本発明の第 11 態様によれば、上記経路選定手段は、データ転送のクロック速度を制御する機能を有して、上記制御対象の制御状況に応じて上記データ転送のクロック速度を変化させ、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした第 1 又は 2 の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

本発明の第 12 態様によれば、上記制御対象の制御状況は制御誤差である第 4、9、又は 11 の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

本発明の第 13 態様によれば、上記制御対象の制御状況は制御目標値である第

4、9、又は11の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

本発明の第14態様によれば、上記経路選定手段は、データ転送要求を告知するための専用信号線を有する第3～7のいずれか1つの態様に記載のロボット制御装置を提供する。

5 本発明の第15態様によれば、上記経路選定手段は、上記動作制御手段と上記認識・計画手段間の時間的な緩衝をとる記憶手段を有して、

 上記経路選定手段は、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記共通記憶手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御する第1又は2の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

10 本発明の第16態様によれば、上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する際に、非優先データを上記記憶手段に待避するよう動作する第9の態様に記載のロボット制御装置を提供する。

図面の簡単な説明

15 本発明のこれらと他の目的と特徴は、添付された図面についての好ましい実施形態に関連した次の記述から明らかになる。この図面においては、

 図1は、本発明の第1実施形態におけるロボット制御装置の構成を示すブロック図であり、

 図2は、本発明の第1実施形態におけるロボット制御装置の経路選定手段の構造を示すブロック図であり、

 図3は、本発明の第1実施形態におけるロボット制御装置の入出力インターフェースの構造及びロボットを示す図であり、

 図4は、本発明の第1実施形態におけるロボット制御装置の動作制御手段あるいは認識・計画手段の構造を示すブロック図であり、

25 図5は、本発明の第1実施形態における作業動作に関するフローチャートであり、

 図6は、本発明の第1実施形態におけるロボット制御装置の動作制御手段で実行される制御プログラムのアルゴリズムを示すフローチャートであり、

 図7は、転送モードの説明図であり、

図 8 A、図 8 B はそれぞれ本発明の第 2 実施形態におけるロボット制御装置の構成を示す図及びロボットの図であり、

図 9 A、図 9 B はそれぞれ本発明の第 3 実施形態におけるロボット制御装置の構成を示す図及びロボットなどの制御対象の図であり、

5 図 1 0 は、従来の制御装置の構成を示すブロック図であり、

図 1 1 は、本発明の上記実施形態におけるロボット制御装置の L S I 間の配線を示す説明図であり、

図 1 2 A、図 1 2 B、図 1 2 C はそれぞれ本発明の第 1 実施形態におけるコンピュータの作業動作を説明するための説明図であり、

10 図 1 3 A、図 1 3 B、図 1 3 C、図 1 3 D はそれぞれ本発明の第 2 実施形態における 2 本のアームの作業動作を説明するための説明図であり、

図 1 4 は、音声認識機能を追加された、本発明の第 2 実施形態におけるロボット制御装置の構成の一部を示す図であり、

図 1 5 は、リアルタイム処理を説明するための説明図であり、

15 図 1 6 は、データ転送 1 ～ 5 と転送先とデータ種と優先データとの関係の表を示す図であり、

図 1 7 は、第 1 - A 実施形態における、経路選定手段での転送制御方法を説明する表を示す図である。

20 発明を実施するための最良の形態

本発明の記述を続ける前に、添付図面において同じ部品については同じ参照符号を付している。

以下、図面を参照して本発明における種々の実施形態を詳細に説明する。

(第 1 実施形態)

25 図 1 は本発明の第 1 実施形態におけるロボット制御装置 1 の構成を示す図である。図 1 において、2 はロボット制御装置 1 内のデジタル信号の経路を切り換える経路選定手段である。経路選定手段 2 には、本実施形態におけるロボット制御装置 1 の制御対象 3 への指令を出力するとともに上記制御対象 3 の状態を入力するため上記制御対象 3 に接続された入出力インターフェース 4 と、制御対象 3 の

動作制御を行うための実時間の計算などの計算処理を行う動作制御手段 5（一つの具体例としては、制御対象 3 の制御を行うための実時間の計算を行うリアルタイム処理手段 5）と、制御対象 3 の作業・動作計画や外界認識を行う認識・計画手段 6（一つの具体例としては、制御対象 3 の作業・動作計画や外界認識を行う非リアルタイム処理手段 6）と、共通記憶手段 7 とが接続されて、上記動作制御手段 5 と上記認識・計画手段 6 と上記入出力インターフェース 4 との間の接続を切り換えることで通信を制御するようにしている。このように、上記ロボット制御装置 1 は、上記経路選定手段 2 で、上記動作制御手段 5 と上記認識・計画手段 6 と上記入出力インターフェース 4 との間の接続を切り換えることで通信を制御しながら、上記制御対象 3 の上記作業・動作計画及び上記外界認識の結果に基づいて上記制御対象 3 であるロボットの動作を制御するようにしている。各手段などの間の接続は、シリアルなデジタルデータで通信を行うシリアル伝送路で構成されており、パケット通信による双方向通信が可能となっている。

なお、上記動作制御手段 5 は、制御対象 3 の動作制御を行うための計算処理をリアルタイムで処理するときにはリアルタイム処理手段 5 として機能させることができる一方、制御対象 3 の動作制御を行うための計算処理を、リアルタイムや非リアルタイムであるかを問わずに処理するときには、単に、上記動作制御手段 5 として機能させればよい。同様に、上記認識・計画手段 6 は、制御対象 3 の作業・動作計画や外界認識を非リアルタイムで処理するときには非リアルタイム処理手段 6 として機能させることができる一方、制御対象 3 の作業・動作計画や外界認識を、リアルタイムや非リアルタイムであるかを問わずに処理するときには、単に、上記認識・計画手段 6 として機能させればよい。以下の実施形態では、具体的な例として、上記動作制御手段 5 をリアルタイム処理手段として、上記認識・計画手段 6 を非リアルタイム処理手段 6 としてそれぞれ記載するが、特に、上記動作制御手段 5 をリアルタイム処理手段 5 として機能させる必要が無いときには、単に上記動作制御手段 5 として読み替えることができるとともに、上記認識・計画手段 6 を非リアルタイム処理手段 6 として機能させる必要が無いときには、単に上記認識・計画手段 6 として読み替えることができる。

ここで、制御対象 3 の一例であるロボットとして、4 自由度のマニピュレータ

48の制御を行う場合を例に採り、第1実施形態のロボット制御装置1の構成についてさらに詳しく説明する。図2は、上記経路選定手段2の構造を示す図であり、分かりやすくするために主要な機能ブロックのみを示している。

図2において、21は経路選定手段2の機能を司るI/Oコントローラ等が統合されたワンチップ型のCPU、22はCPU21に接続されかつデジタル信号の経路を切り換えるスイッチである。スイッチ22は複数の外部入出力ポート221a~221dを持ち、それぞれ入出力インターフェース4と、動作制御手段5と、認識・計画手段6と、共通記憶手段7とに接続されている。さらに、スイッチ22は、CPU21と接続された内部ポート222を持ち、内部ポート222を通じてCPU21により、外部入出力ポート221a~221dのそれぞれと内部ポート222との間のデータ転送経路の切換が制御される。

図2において、23は、CPU21に接続されかつCPU21を動作させるためのプログラムや経路切換のためのデータが格納された記憶手段である。

図3は入出力インターフェース4の構造を示す図である。図3において、41はシリアル-パラレル変換手段であり、外部入出力ポート411と内部出力ポート44と内部入力ポート47とで入出力されるデータ間のシリアル-パラレル変換をシリアル-パラレル変換手段41により行う。外部入出力ポート411はシリアル伝送路で経路選定手段2に接続されている。また、内部出力ポート44には、共通パラレルバス方式の伝送線路でD/Aコンバータ42a~42dが接続されており、D/Aコンバータ42a~42dの出力はモータドライバ43a~43dに接続されている。モータドライバ43a~43dは、マニピュレータ48の各関節に組み込まれたモータ（図示せず）に接続され、D/Aコンバータ42a~42dからの出力信号に応じてマニピュレータ48のそれぞれの関節のモータをそれぞれ独立的に駆動する。一方、内部入力ポート47には、共通パラレルバス方式の伝送線路でカウンタ45及び画像取込手段46が並列に接続されている。カウンタ45には、マニピュレータ48の各関節に組み込まれたエンコーダ（図示せず）が接続され、上記各モータにより回転されるマニピュレータ48の各関節の角度が上記エンコーダにより検出されて、カウンタ45にそれぞれ入力される。画像取込手段46には撮像装置49が接続され、マニ

ピュレータ 48 による把持対象等の画像が撮影される。

図 4 は動作制御手段 5 あるいは認識・計画手段 6 の構造を示す図である。ハードウェア的には動作制御手段 5 と認識・計画手段 6 は同一の構成の一般的なコンピュータアーキテクチャの CPU ボードであり、図 4 には主要な機能ブロックのみ示している。図 4 において、51 は制御を実現するための計算処理を行う CPU である。52 は I/O コントローラ、メモリコントローラ等が統合されたチップセットであり、外部とのデータの入出力を行うシリアルポート 54 とを有している。また、53 は計算処理を行うためのプログラムやデータを格納する記憶手段である。チップセット 52 の 2 つの内部ポート 521a, 521b にはそれぞれ CPU 51 と記憶手段 53 とが別々に接続されている。

ソフトウェア的には、動作制御手段 5 は、OS (オペレーティングシステム) を搭載せず、制御のためのプロセス (例えば、制御対象 3 の制御を行うための実時間の計算) がシングルタスクで実行されている。一方、認識・計画手段 6 は、記憶手段 53 に記憶されたマルチタスクの OS を搭載し、マニピュレータ 48 の作業計画のためのプロセス、動作計画のためのプロセス及び画像認識のための画像認識プロセスが時分割のマルチタスクで実行されている。

以上の構成のロボット制御装置 1 の動作について、図 5 のフローチャートに示す、ある領域内に置かれた (対象物の一例としての) 直方体の物体 90 を画像認識を使ってマニピュレータ 48 のアーム 48b の先端の手先効果器 48a で把持し、手先効果器 48a で把持された直方体の物体 90 を所定の位置へ移動する作業を例に説明する。

図 5 のフローチャートに示す動作ステップは、認識・計画手段 6 で実行される作業計画プロセスによってその実行順序が計画され、進行が管理される。

まず、ステップ S1 での作業計画プロセスは、画像認識プロセスを呼び出す。すなわち、認識・計画手段 6 で実行される画像認識プロセスは、入出力インターフェース 4 に接続された撮像装置 49 より取り込んだ画像を元にマニピュレータ 48 で把持する直方体の物体 90 の位置、姿勢及び大きさを認識し (図 5 のステップ S1)、認識結果のデータは、マニピュレータ 48 から見た直方体の物体 90 の絶対座標系の位置・姿勢、形状データとしてプロセス間通信により作業

計画プロセスに引き渡す。認識・計画手段6で生成される動作計画プロセスは、引き渡された位置・姿勢、形状データを基に、手先効果器48aが初期位置から直方体の物体90まで移動して直方体の物体90を手先効果器48aで把持するための軌道及び把持した直方体の物体90を所定の位置へ手先効果器48aで運搬するための軌道を、例えば多項式補間を使って生成する。認識・計画手段6で生成される目標軌道データは、各時刻におけるマニピュレータ48の手先効果器48aの位置（手先位置）・姿勢及び手先効果器48aの動作の速度・角速度という形式で生成され、シリアルデータとしてシリアルポート54より経路選定手段2に転送される。

経路選定手段2は、認識・計画手段6から転送される目標軌道データを共通記憶手段7の所定の位置に格納するように動作する。したがって、マニピュレータ48の手先効果器48aがどのように動くべきかを示す目標軌道データは、常に共通記憶手段7を参照すればよい。

動作制御手段5では、マニピュレータ48の手先効果器48aを目標軌道データどおりに動作させるための制御プログラムが、以下のように実行される（図5のステップS2～S7）。

すなわち、図5のステップS1で直方体の物体90の位置、姿勢及び大きさを認識したのち、図5のステップS2では、図12Aにも示すように、目標軌道データに基づき制御対象3であるマニピュレータ48が上記制御装置1により動作制御されて、マニピュレータ48の手先効果器48aが直方体の物体90の近傍に移動する、アーム48bの把持準備動作が行われる。一例として、図12Aでは、マニピュレータ48の基端部周りに、マニピュレータ48の手先効果器48aが直方体の物体90に対向する位置まで回動される。

次いで、図5のステップS3では、画像認識によるアーム48bのアプローチ動作が行われる。これは、具体的には、ビジュアルフィードバックであって、マニピュレータ48の手先効果器48aと直方体の物体90の相対的な位置関係を画像認識により検出し、手先効果器48aと直方体の物体90が接触しないように手先効果器48aの位置を微調整しながら、図12Bにも示すように、手先効果器48aにより物体90を把持可能な位置まで手先効果器48aを移動させる。

次いで、図 5 のステップ S 4 では、目標軌道データに基づき制御対象 3 であるマニピュレータ 4 8 が上記制御装置 1 により動作制御されて、図 1 2 C にも示すように、手先効果器 4 8 a を閉じて、直方体の物体 9 0 を挟み込むことで把持を行う把持動作が行われる。

- 5 次いで、図 5 のステップ S 5 では、撮像装置 4 9 により撮像されて画像取込手段 4 6 に撮り込まれた画像情報に基づく、画像認識による把持確認、すなわち、手先効果器 4 8 a による直方体の物体 9 0 の把持動作が成功したか否かが判断される。具体的には、手先効果器 4 8 a と直方体の物体 9 0 の相対的な位置関係を画像認識により検出し、手先効果器 4 8 a の指の間に直方体の物体 9 0 が位置しているかどうかにより、把持動作の成否が作業計画プロセスにより判断される。すなわち、手先効果器 4 8 a の指の間に直方体の物体 9 0 が位置している場合
10 (図 1 2 C 参照) には、把持動作成功であり、手先効果器 4 8 a の指の間に直方体の物体 9 0 が位置していない場合には、把持動作が失敗と判断される。把持動作失敗と判断された場合には、作業計画プロセスは動作ステップをステップ S 3
15 に戻し、画像認識による手先効果器 4 8 a の位置の微調整が行われたのち、ステップ S 4 及び S 5 が再度行われる。把持動作成功と判断された場合には、ステップ S 6 に進む。

- 次いで、図 5 のステップ S 6 では、目標軌道データに基づき制御対象 3 であるマニピュレータ 4 8 が上記制御装置 1 により動作制御されて、手先効果器 4 8
20 a により把持された直方体の物体 9 0 の運搬動作を行う。

次いで、図 5 のステップ S 7 では、所定位置まで直方体の物体 9 0 を運搬して設置したのち、マニピュレータ 4 8 が上記制御装置 1 により動作制御されて、直方体の物体 9 0 を把持していた手先効果器 4 8 a の指が広げられ、直方体の物体 9 0 が手先効果器 4 8 a から解放される。

- 25 次に、動作制御手段 5 により実行される上記制御プログラムの動作ステップについて図 6 を参照しながら説明する。

図 6 のステップ S 1 1 では、動作制御手段 5 が経路選定手段 2 にマニピュレータ 4 8 の関節角度データの転送を要求する。関節角度データを要求された経路選定手段 2 は、入出力インターフェース 4 にカウンタ 4 5 に入力されている関節

角度データのデータ転送を要求し、カウンタ 45 に入力されていたマニピュレータ 48 の各関節のエンコード値が入出力インターフェース 4 を介して経路選定手段 2 に返送され、経路選定手段 2 から動作制御手段 5 に各関節のエンコード値が現在の関節角度データ（関節変数ベクトル $q = [\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4]^T$ 、ただし θ_i は第 i 関節の角度）として転送される。

図 6 のステップ S 12 では、マニピュレータ 48 の運動学計算に必要なヤコビ行列 J_r 等の計算が動作制御手段 5 により行われる。

次いで、図 6 のステップ S 13 では、転送されてきた現在の関節角度データである関節変数ベクトル q を使用して、マニピュレータ 48 の手先効果器 48a の現在の手先位置・姿勢ベクトル r が動作制御手段 5 により計算される。

図 6 のステップ S 14 では、手先位置に関する位置サーボ補償入力値ベクトル u_p が下記の式 (1) を使い、動作制御手段 5 により計算される。

$$u_p = J_r^{-1} \left\{ K_p (r_d - r) + K_v \left(\dot{r}_d - \dot{r} \right) \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 r_d は手先・位置・姿勢ベクトルの目標値、 K_p 及び K_v はフィードバックゲイン行列である。

予め、位置サーボ補償の目標値ベクトル r_d は認識・計画手段 6 で計算され、計算結果が共通記憶手段 7 に格納されているため、経路選定手段 2 を介して共通記憶手段 7 から動作制御手段 5 へ、格納されていた位置サーボ補償の目標値ベクトル r_d の取り込みが行われる。

図 6 のステップ S 15 では、制御実現のため、マニピュレータ 48 に加えるべき駆動力ベクトル τ が、運動方程式及び位置サーボ補償入力値ベクトル u_p より、下記の式 (2) を使い動作制御手段 5 により計算される。

$$\tau = K_T u_p \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 K_T はトルク係数行列である。

図6のステップS16では、ステップS15で動作制御手段5により計算された駆動力値ベクトル τ が、動作制御手段5の外部入出力用シリアルポート54より駆動力指令値として出力される。駆動力指令値を受け取った経路選定手段2は、
5 入出力インターフェース4に駆動力指令値を転送し、駆動力指令値が入出力インターフェース4を介してD/Aコンバータ42に入力され、D/Aコンバータ42によりデジタル信号の駆動力指令値が電圧指令値に変換されて、D/Aコンバータ42から入出力インターフェース4を介して出力される。電圧指令値を入出力インターフェース4から受けたモータドライバ43a~43dは、マニピュレータ48の各関節や手先効果器48aに駆動力を発生させる。
10

動作制御手段5では、以上の図6のステップS11~ステップS16の計算処理ループが実行されることでソフトウェアフィードバック制御系が構成され、例えば1msecといった決まった時間間隔で、関節角度データの取り込み、及び、駆動力指令値の出力が実行され、実時間の制御が実現される。このようにして求められて出力される駆動力値に基づき、上記したマニピュレータ48の制御動作が実行される。
15

なお、ロボットに電源が入っている間は制御を常にかけている場合を想定しているため、上記処理はエンドレスループになっている。よって、目標値として一定値を与え続ければ静止させることも可能である。

上記制御動作において、図16及び図7に示すように、
20

①経路選定手段2は、認識・計画手段6から共通記憶手段7への目標軌道データの転送（データ転送1）、

②共通記憶手段7から動作制御手段5への目標軌道データの転送（データ転送2）、

③入出力インターフェース4から認識・計画手段6への画像データの転送（データ転送3）、
25

④入出力インターフェース4から動作制御手段5への関節角度データの転送（データ転送4）、

⑤動作制御手段5から入出力インターフェース4への駆動力値指令データの

転送（データ転送5）、

を実行する。これらの転送要求は、動作制御手段5と認識・計画手段6とが独立して並列で動作しているため、時間的に同時になり、重なってしまう場合が発生する。特に、画像データは容量が大きく、画像データ転送時には重なる確率が高くなり、頻繁に転送待ちが発生する。

このような、動作制御手段5と認識・計画手段6とからの転送要求の同時発生に対して、上記したように、経路選定手段2はデータ転送の優先順位に基づく制御を行う。すなわち、経路選定手段2は複数のデータ転送モードを設定することができ、各転送モードでデータ転送の優先パターンが異なる。一例として、データ転送の優先パターンとしては、以下に示すように、上記制御対象の制御状況に応じて、転送モード1、転送モード2、転送モード3の合計3つが経路選定手段2に設定されている。

転送モード1では、動作制御手段5からの転送要求を優先するように経路選定手段2が動作する。経路選定手段2と動作制御手段5の間にはデータ転送要求を告知する専用信号線が配設されており、経路選定手段2は動作制御手段5のデータ転送要求を検知することができる。データ転送4及びデータ転送5の場合、経路選定手段2と入出力インターフェース4との間の伝送路が、関節角度データあるいは駆動値指令データの転送に優先的に使用されるように経路選定手段2が動作し、その間、画像データの転送（データ転送3）は、データを間引いて転送されるか、伝送路の容量に余裕がない場合には画像データの転送が一時停止される。関節角度データあるいは駆動値指令データの転送終了後、画像データの転送が行われるように経路選定手段2が動作する。また、データ転送2の場合には、経路選定手段2と共通記憶手段7との間の伝送路が優先的に使用されるように経路選定手段2が動作するため、認識・計画手段6から共通記憶手段7への目標軌道データの転送（データ転送1）は一時的に停止され、転送すべきデータは経路選定手段2の記憶手段23に記憶されて待避させられる。経路選定手段2と共通記憶手段7との間の伝送路でのデータの転送終了後、上記目標軌道データの転送が行われるように経路選定手段2が動作する。一方、優先されるべきデータ転送2、4及び5は、図6に示したように、ステップS1でデータ転送4、ステップS4

でデータ転送 2、ステップ S 6 でデータ転送 5 が実行されるため、時間的に重なることはない。

なお、上記専用信号線とは、以下のようなものである。すなわち、図 7 中では、データ転送ラインを 1 つの矢印で記しているが、実際には、ロボット制御装置の L S I 間の配線には、シリアル転送の場合でも、信号線と GND、上り下り専用信号線（すなわち上り信号線と下り信号線）を設ける場合など複数の配線が存在する。「専用信号線」は図 1 1 のように、上記信号線とは別に、データ転送要求のためだけのデータ転送要求専用信号線を設け、このデータ転送要求専用信号線を通じて、要求の告知を高速に行なうものである。

以上のように、転送モード 1 の場合、経路選定手段 2 がデータ転送を制御することにより、動作制御手段 5 は常に待つことなく関節角度データの取得や駆動力指令値の出力を行うことができ、短い制御周期であってもリアルタイム性が確保され、安定した制御が実現する。また、各手段などの間のデータ転送はパケットを使ったシリアル通信により実行されるため、パケット間を利用した多重通信が可能であり、さらに転送待ちを減らすことが可能である。

転送モード 2 では、データ転送 3（画像データの転送）がデータ転送 4、5 よりも優先されるように経路選定手段 2 が動作する。画像データの転送を優先することで、把持対象物の認識などの画像認識を高速に行うことができる。一方、動作制御手段 5 は、リアルタイム処理手段として機能させるときにはリアルタイム性を確保するために、制御周期を長くし、かつ、認識・計画手段 6 を非リアルタイム処理手段 6 として機能させて、この認識・計画手段 6 で実行されている作業計画プロセスが制御対象 3 の低速な動作を計画するか又は動作を停止させることにより、制御対象 3 の動作が不安定になることを防止する。

転送モード 3 では、特定のデータ転送を優先せず、均等にあるいは特定の比率で各データ転送を行うように経路選定手段 2 が動作するモードである。この転送モード 3 によれば、画像認識で把持対象を認識しながらアーム位置を修正するビジュアルフィードバックのような画像データの転送と駆動力指令及び関節角度データのリアルタイムな転送の両立が必要な動作が実現される。

ここで、図 1 6 において、「○」がついている意味は、「○」が付いているデ

ータ転送は他のデータ転送とバッティングしたときに「○」が付いているものが優先されるという意味である。したがって、転送モード3の場合は、バッティングが起こっても特に優先転送するデータは無いということで、「○」は付いていない。

5 これらの転送モードの設定は、例えば上記制御対象の制御状況に応じて、作業計画プロセスで計画されてデータ転送の優先順位が予め決められ、モード設定データとして経路選定手段2に転送されて設定される。ある領域内に置かれた直方体の物体90を画像認識を使ってマニピュレータ48の手先効果器48aで把持し、所定の位置へ移動する作業の場合、転送モードは、図5の右側に示すように
10 に経路選定手段2により切換が行われ、迅速かつ安定した作業が実現する。すなわち、図5のステップS1で、直方体の物体90の位置、姿勢及び大きさを認識するときは転送モード2、図5のステップS2で、アーム48bの把持準備動作が行われるときは転送モード1、図5のステップS3で、画像認識によるアームのアプローチ動作が行われるときは転送モード3、図5のステップS4で、手先
15 効果器48aによる直方体の物体90の把持動作が行われるときは転送モード1、図5のステップS5で、画像認識による把持確認が行われるときは転送モード2、図5のステップS6で、直方体の物体90の運搬動作を行うときは転送モード1、図5のステップS7で、直方体の物体90を運搬して設置・解放するときは転送モード1とするように、経路選定手段2が転送モードを切り換える。

20 また、上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する際に、非優先データの伝送を停止させる代わりに、非優先データの間引きを実行するよう動作させることもできる。すなわち、非優先データが画像データの場合、間引くことによりデータの容量を小さくすることができるが、画像の質は落ちることになり、鮮明さが低下することになる。すなわち、鮮明さが低下すると、画像認識の精度
25 が低下する。一方、画像データである非優先データの伝送を一時停止する場合には、画像の伝送が完全に停止されて画像を得ることはできないが、画像データである非優先データの伝送を「間引き」する場合には、粗いながらも画像が得られるので処理は続行できる。

 なお、本実施形態での経路選定手段2は、CPUなど個別のLSI部品による

CPUボードとしての例を採用したが、すべての機能を集約した1チップLSIでの構成も可能である。

また、本実施形態では、経路選定手段2はデータ転送要求を告知する信号線により転送要求を検知するとしたが、転送データに転送要求元のIDデータを埋め込むことによっても転送要求を検知することは可能である。

また、本実施形態では転送モードを3種類としたが、これに限られるわけではなく、制御対象3の構造や作業内容によって、モードの種類や数を異ならせることができる。

上記第1実施形態のロボット制御装置1によれば、リアルタイム処理手段5として機能させるべく実時間制御を実現するための計算処理を行う動作制御手段5と、非リアルタイム処理手段6として機能させるべく知能処理を実現するための計算処理を行う認識・計画手段6と、制御対象3への指令を出力し、制御対象3の状態を入力するための入出力インターフェース4と、上記動作制御手段5と上記認識・計画手段6と上記入出力インターフェース4との間の接続を切り換えることで通信を制御する経路選定手段2とを備えて、上記動作制御手段5での処理結果に基づいて制御対象3であるロボットの動作を制御するようにしている。よって、上記手段など4, 5, 6の間の接続を切り換えることで通信を制御する経路選定手段2を備えるという簡素な構造で、制御の高度な知能化のために必要な画像などの大容量データを、リアルタイム性を確保しつつ、扱うことができる。これにより、システムの拡張を行うときには経路選定手段2に新たな手段を接続するだけでよいといった、システムの拡張性を確保しつつ、各手段など4, 5, 6の間の接続を簡素な構造にすることができ、かつ、各手段など4, 5, 6の間の通信を、転送待ちの発生が少なくなるように、制御することができる。

また、CPUの演算処理能力が高速であり、自由度数が、例えば3以下のロボットアームの制御等、複雑な制御が必要ない場合には、動作制御手段5を非リアルタイム処理手段で構成しても動作制御は可能である。この場合には、動作制御手段5として汎用のマルチタスクOSが搭載されたCPUボード等の使用が可能であり、システムの構築や制御プログラムの作成が容易であるという利点を有する。

また、認識・計画手段6をリアルタイム手段で実現することも可能であり、その場合にはOSを搭載しない小規模なCPUボードや、小規模なリアルタイムOSを搭載したCPUボード等、簡素なシステムとすることができる。また、特に、動作計画をリアルタイム処理手段で実現する場合には、リアルタイムに目標軌道の生成が可能となり、動作制御を安定して行うことができる。

また、上記経路選定手段2は、上記動作制御手段5からの転送要求を優先するよう動作することで、動作制御手段5の実時間性を確保することができる。

また、上記経路選定手段2は、記憶手段23を有するとともに、上記動作制御手段5と上記認識・計画手段6と入出力インターフェース4と、上記経路選定手段2とが互いにシリアル伝送路により接続されるようにすることにより、上記経路選定手段2の記憶手段23で、転送すべきデータのうち待機させられるデータが経路選定手段2の記憶手段23に記憶されて待避させられることにより、上記動作制御手段5と上記認識・計画手段6間の時間的な緩衝をとることができるようになる。

(第1-A実施形態)

図17は第1-A実施形態における、経路選定手段での転送制御方法を説明する表を示す図である。第1-A実施形態の構成は第1実施形態と同様であるが、転送の優先順位ではなく、転送のデータ占有率で制御を行う。例えば、認識・計画手段と経路選定手段を接続する伝送路では、データ転送1の占有率A(%)を決めることにより経路選定手段により転送されるデータの制御を行う。ただし、 $0 \leq A \leq 100$ である。また、制御IFと経路選定手段を接続する転送路では、データ転送4の占有率D(%)およびデータ転送5の占有率E(%)を決めることにより経路選定手段により転送されるデータの制御を行う。ただし、 $0 \leq D \leq 100$ 、 $0 \leq E \leq 100$ 、かつ、 $0 \leq D + E \leq 100$ である。他の占有率B、C、F、Gも同様である。

占有率は制御状況に応じて動作制御手段や認識・計画手段において決定され、パケットデータとして経路選定手段に転送される。経路選定手段では、送信された占有率に基づきデータ転送の比率を制御する。

データ転送の占有率を決定する指標としては、位置制御の目標値、制御誤差を

使用する。例えば、認識・計画手段と経路選定手段を接続する伝送路では、占有率A (%) が

$$A = k_{od} | dr_d / dt | \quad (1-A-1)$$

5

により決定される。すなわち、手先位置・姿勢の目標値ベクトルの時間微分値に定数ゲイン k_{od} をかけた値を占有率A (%) とする。

10

式 (1-A-1) の計算は認識・計画手段において行われ、占有率Aのデータはパケットデータとして認識・計画手段から経路選定手段に転送され、経路選定手段は受信した占有率に基づき、認識・計画手段と経路選定手段を接続間のデータ転送の比率がデータ転送1=A%、データ転送3=100-A%となるようにデータ転送を制御する。

15

式 (1-A-1) によれば、目標値の変化率が大きいとき、すなわち、目標速度が大きいとき占有率Aが大きくなり、確実に目標値が転送され、制御を安定させることができる。例えば、手先の目標速度の最大値が0.5m/sの場合には、 $k_{od} = 160 \text{ s/m}$ とすれば手先の移動速度が最大の時にA=80%となり、手先が高速に移動するときには、動作制御に必要な目標軌道データを転送するデータ転送1が、データ転送3より占有率が高くなり、制御を安定させることができる。

20

また、制御IFと経路選定手段を接続する伝送路では、占有率D (%) および占有率E (%) が

$$D = E = k_{oe} | (r_d - r) | \quad (1-A-2)$$

25

により決定される。ただし、 k_{oe} は定数ゲインである。

式 (1-A-2) の計算は動作制御手段において行われ、占有率D、Eのデータはパケットデータとして動作制御手段から経路選定手段に転送され、経路選定手段は受信した占有率に基づき、制御IFと経路選定手段を接続間のデータ転送の比率がデータ転送3=100-D-E%、データ転送4=D%、データ転送5

=E%となるようにデータ転送を制御する。

式(1-A-1)によれば、アーム手先位置・姿勢誤差 $r_d - r$ が増加すると占有率D、Eが増加し(ただし、100以上にはしない)、アームのリアルタイムの動作制御に関するデータ転送4およびデータ転送5の転送データにおける
5 比率が増加し、制御は安定する方向に向かい、制御誤差は減少する。

なお、経路切換手段と他の手段間の通信はデータ転送のみではなく、他にも占有率データや転送先を示すアドレス等の他の通信も行われるため、占有率100%でも通信帯域のすべてを占有するわけではなく、データ転送用に割り与えられた帯域の100%を意味する。

10 また、本実施形態では占有率の最大値を100%として説明を行ったが、動作モードに応じて最大値を100%以下の値に制限することによりさらに高度な制御が可能である。例えば、図5と同様の動作を行う場合、ステップS2ではアームの動作制御のみを行い、画像認識処理は必要ないため、データ転送1の最大占有率を100%としても動作可能であるが、ステップS3はビジュアルフィード
15 バックであり、画像認識処理と動作制御を同時に行う方が動作をよりスムーズに行うことができるため、データ転送1の最大占有率を、例えば70%に限定すれば動作制御のみが行われ、画像認識処理が停止してしまうということもなく、確実な動作が可能となる。

また、本実施形態ではデータ転送1の占有率をA%とし、データ転送1の占有
20 率を基準に考えたが、これに限られるわけではなく、より高度な制御として、動作モードに応じて基準を切り換える方法が考えられる。例えば、図5と同様の動作を行う場合、ステップS1及びステップS3では画像認識が必要であるため、画像データの転送を行うデータ転送3を基準とし、ステップS2では動作制御が必要であるため、データ転送1を基準として定めることによりロボットとしてよ
25 り確実な動作が可能となる。

(第2実施形態)

図8Aは本発明の第2実施形態におけるロボット制御装置1Aの構成を示す図である。図8Aに示すように、第2実施形態のロボット制御装置1Aは、1a～1eの5つの第1～第5分散制御装置から構成され、図8Bに示す左右の2本の

アーム 5 6, 5 7 を有しかつ制御対象 3 の一例であるロボットとして、自律移動ロボット 5 5 の体内に分散されて配設されて、それぞれの機能ブロックを構成している。すなわち、第 1 分散制御装置 1 a は動作の計画や判断を司る知能ブロック、第 2 及び第 3 分散制御装置 1 b 及び 1 c は先端に手先効果器 5 6 a, 5 7 a を有する 2 本のアーム 5 6, 5 7 の動きを制御するアーム制御ブロック、第 4 分散制御装置 1 d は左右の 2 つの車輪 5 8, 5 8 を駆動することで移動ロボット 5 5 の移動を司る移動制御ブロック、第 5 分散制御装置 1 e はカメラやセンサ 5 9 からの情報を取込み、外界の状況を認識する認識ブロックとなっている。

具体的には、以下のような構成となっている。ただし、経路選定手段 2 a, 2 b, 2 c, 2 d, 2 e は、先の実施形態の経路選定手段 2 と同様な構成を有して同様な機能を基本的に行うものである。また、入出力インターフェース 4 b, 4 c, 4 d は、先の実施形態の入出力インターフェース 4 と同様な構成を有して、同様な機能（すなわち、各関節のモータをそれぞれ独立的に駆動する機能）の他、左右の車輪 5 8, 5 8 をそれぞれ独立的に駆動する機能を基本的に行うものである。また、認識・計画手段 6 a, 6 e は、先の実施形態の認識・計画手段 6 と同様な構成を有して同様な機能を基本的に行うものであって、マルチタスクの OS を搭載し、2 本のアーム 5 6, 5 7 及び 2 つの車輪 5 8, 5 8 の動作の計画や判断のためのプロセス及び画像認識のための画像認識プロセスが時分割のマルチタスクで実行されるようになっている。ここで、認識・計画手段 6 a と 6 e との機能上の相違は、認識・計画手段 6 a はロボットの動作処理を行なうのに対して、認識・計画手段 6 e は画像認識処理を行なう点で大きく相違する。例えば、2 本のアーム 5 6, 5 7 の動作の計画や判断のためのプロセス及び 2 つの車輪 5 8, 5 8 の動作の計画や判断のためのプロセスは認識・計画手段 6 a で行い、画像認識のための画像認識プロセスは認識・計画手段 6 e で行う。

なお、アーム 5 6 の手首には、2 本のアームで 1 つの物体を把持する場合に物体にかかる内力を検知するための力センサ 1 0 0 が配設されている。この力センサ 1 0 0 は、アーム 5 6 又はアーム 5 7 のいずれかに配置されればよい。

また、動作制御手段 5 b, 5 c, 5 d は、先の実施形態の動作制御手段 5 と同様な構成を有して同様な機能を基本的に行うものであって、OS（オペレーティ

ングシステム)を搭載せず、左右のアーム57, 56の動作制御のためのプロセス(例えば、左右のアーム57, 56の動作制御を行うための実時間の計算)がシングルタスクで実行されている。

まず、第1分散制御装置1aは、上記知能ブロックとして、2本のアーム56, 57の動作の計画や判断のためのプロセス及び2つの車輪58, 58の動作の計画や判断のためのプロセスが時分割のマルチタスクで実行される認識・計画手段6aと、認識・計画手段6aに接続された経路選定手段2aと、経路選定手段2aに接続されて経路選定手段2aの経路選定により認識・計画手段6aから転送される目標軌道データを所定の位置に格納したり各種計算結果を格納したりする共通記憶手段7とより構成されて、認識・計画手段6aにより2本のアーム56, 57の動作の計画や判断のためのプロセス及び2つの車輪58, 58の動作の計画や判断のためのプロセスが時分割のマルチタスクで実行されるようになっている。

第2分散制御装置1bは、上記右アーム制御ブロックとして、第1分散制御装置1aの経路選定手段2aと接続された経路選定手段2bと、経路選定手段2bに接続されかつ右アーム57の駆動装置(例えば、マニピュレータとして機能する右アーム57の各関節に組み込まれた図示しないモータ)に接続された入出力インターフェース4bと、経路選定手段2bに接続されて動作制御のためのプロセス(例えば、右アーム57の動作制御を行うための実時間の計算)がシングルタスクで実行される動作制御手段5bとより構成され、動作制御手段5bにより上記右アーム57の動作制御のためのプロセスがシングルタスクで実行されて右アーム57の動作を制御するようにしている。

第3分散制御装置1cは、上記左アーム制御ブロックとして、第1分散制御装置1aの経路選定手段2aと接続された経路選定手段2cと、経路選定手段2cに接続されかつ左アーム56の駆動装置(例えば、マニピュレータとして機能する左アーム56の各関節に組み込まれた図示しないモータ)に接続された入出力インターフェース4cと、経路選定手段2cに接続されて動作制御のためのプロセス(例えば、左アーム56の動作制御を行うための実時間の計算)がシングルタスクで実行される動作制御手段5cとより構成され、動作制御手段5cによ

り上記左アーム 5 6 の動作制御のためのプロセスがシングルタスクで実行されて上記左アーム 5 6 の動作を制御するようにしている。

第 4 分散制御装置 1 d は、上記移動制御ブロックとして、第 1 分散制御装置 1 a の経路選定手段 2 a と接続された経路選定手段 2 d と、経路選定手段 2 d に接続されかつ左右の車輪 5 8、5 8 の駆動装置の一例としてのモータ 5 8 a、5 8 a に駆動信号をそれぞれ独立して出力する一方、モータ 5 8 a、5 8 a のそれぞれの回転軸（又は車輪 5 8、5 8 の車軸）の回転角度を検出するエンコーダ 5 8 b、5 8 b からの回転角度検出信号が入力される入出力インターフェース 4 d と、経路選定手段 2 d に接続されて 2 つの車輪 5 8、5 8 の動作制御のためのプロセス（例えば、2 つの車輪 5 8、5 8 の動作制御を行うための実時間の計算）がシングルタスクで実行される動作制御手段 5 d とより構成され、左右の 2 つの車輪 5 8、5 8 を駆動することにより、上記移動ロボット 5 5 を移動させるようにしている。

第 5 分散制御装置 1 e は、上記認識ブロックとして、第 4 分散制御装置 1 d の経路選定手段 2 d と接続された経路選定手段 2 e と、経路選定手段 2 e に接続された入出力インターフェース 6 0 と、入出力インターフェース 6 0 に接続されたカメラやセンサ 5 9 と、経路選定手段 2 e に接続されて画像認識のための画像認識プロセスが時分割のマルチタスクで実行される認識・計画手段 6 e とより構成され、認識・計画手段 6 e により、カメラやセンサ 5 9 からの情報を取込み外界の状況を認識する画像認識のための画像認識プロセスが時分割のマルチタスクで実行されるようにしている。

以上のような構成のロボット制御装置 1 A について、ある領域内に置かれた（対象物の一例としての）直方体の物体 9 0（図 3 参照）を画像認識を使って上記 2 本のアーム 5 6、5 7 の先端の手先効果器 5 6 a、5 7 a で把持し、手先効果器 5 6 a、5 7 a で把持された直方体の物体 9 0 を所定の位置へ移動する作業を例に説明する。

認識・計画手段 6 e で実行される画像認識プロセスは、入出力インターフェース 6 0 に接続されたカメラ 5 9 より取り込んだ画像を元にアーム 5 6、5 7 で把持する直方体の物体 9 0 の位置、姿勢及び大きさを認識し、認識結果のデータは、

アーム 5 6, 5 7 から見た直方体の物体 9 0 の絶対座標系の位置・姿勢、形状データとして認識・計画手段 6 a で実行されている作業計画プロセスに引き渡す。認識・計画手段 6 a で生成される作業計画プロセスは、引き渡された位置・姿勢、形状データを基に、手先効果器 5 6 a, 5 7 a が初期位置から直方体の物体 9 0 まで移動して直方体の物体 9 0 を手先効果器 5 6 a, 5 7 a で把持するための軌道及び把持した直方体の物体 9 0 を所定の位置へ手先効果器 5 6 a, 5 7 a で運搬するための軌道を、例えば多項式補間を使って生成する。認識・計画手段 6 a で生成される目標軌道データは、各時刻におけるアーム 5 6, 5 7 の手先効果器 5 6 a, 5 7 a の位置（手先位置）・姿勢及び手先効果器 5 6 a, 5 7 a の動作の速度・角速度という形式で生成され、シリアルデータとして入出力インターフェース 6 0 より経路選定手段 2 e に転送される。

経路選定手段 2 e は、認識・計画手段 6 e から転送される目標軌道データを共通記憶手段 7 の所定の位置に格納するように動作する。したがって、アーム 5 6, 5 7 の手先効果器 5 6 a, 5 7 a がどのように動くべきかを示す目標軌道データは、常に共通記憶手段 7 を参照すればよい。

経路選定手段 2 e に直接的に接続された経路選定手段 2 d に接続された動作制御手段 5 d、及び、経路選定手段 2 e に経路選定手段 2 d 及び 2 a を介して間接的に接続された経路選定手段 2 b, 2 c に接続された動作制御手段 5 b, 5 c では、アーム 5 6, 5 7 の手先効果器 5 6 a, 5 7 a を目標軌道データどおりに動作させるための制御プログラムが、以下のように実行される。

すなわち、直方体の物体 9 0 の位置、姿勢及び大きさを認識したのち、目標軌道データに基づき制御対象 3 であるアーム 5 6, 5 7 が上記制御装置 1 A により動作制御されて、アーム 5 6, 5 7 の手先効果器 5 6 a, 5 7 a が直方体の物体 9 0 の近傍に移動する、アーム 5 6, 5 7 の把持準備動作が行われる。一例として、図 1 3 A ~ 図 1 3 B に示すように、自律移動ロボット 5 5 が移動して、アーム 5 6, 5 7 の手先効果器 5 6 a, 5 7 a が直方体の物体 9 0 に対向する位置まで回動される。

次いで、画像認識によるアーム 5 6, 5 7 のアプローチ動作が行われる。これは、具体的には、ビジュアルフィードバックであって、アーム 5 6, 5 7 の手先

効果器 56 a, 57 a と直方体の物体 90 の相対的な位置関係を画像認識により
検出し、手先効果器 56 a, 57 a と直方体の物体 90 が接触しないように手先
効果器 56 a, 57 a の位置を微調整しながら、図 13 B にも示すように、手先
効果器 56 a, 57 a により物体 90 を把持可能な位置まで手先効果器 56 a,
57 a を移動させる。

次いで、目標軌道データに基づき制御対象 3 であるアーム 56, 57 が上記制
御装置 1 A により動作制御されて、図 13 C ~ 図 13 D にも示すように、手先効
果器 56 a, 57 a を互いに突き合わせるようにして挟み込むと同時に、手先効
果器 56 a, 57 a のそれぞれの指を閉じて、直方体の物体 90 を挟み込むこと
で把持を行う把持動作が行われる。

次いで、カメラ 59 により撮像されて撮り込まれた画像情報に基づく、画像認
識による把持確認、すなわち、手先効果器 56 a, 57 a による直方体の物体 9
0 の把持動作が成功したか否かが判断される。具体的には、手先効果器 56 a,
57 a と直方体の物体 90 の相対的な位置関係を画像認識により検出し、手先効
果器 56 a, 57 a 間に直方体の物体 90 が位置しているかどうかにより、把持
動作の成否が判断される。すなわち、手先効果器 56 a, 57 a の間に直方体の
物体 90 が位置している場合（図 13 D 参照）には、把持動作成功であり、手先
効果器 56 a, 57 a の間に直方体の物体 90 が位置していない場合には、把持
動作が失敗と判断される。把持動作失敗と判断された場合には、画像認識による
手先効果器 56 a, 57 a の位置の微調整が行われたのち、把持動作及び画像認
識による把持確認動作が再度行われる。

把持動作成功と判断された場合には、目標軌道データに基づき制御対象 3 であ
るアーム 56, 57 が上記制御装置 1 A により動作制御されて、手先効果器 56
a, 57 a により協調して把持された直方体の物体 90 の協調制御による運搬動
作を行う。

次いで、所定位置まで直方体の物体 90 を運搬して設置したのち、アーム 56,
57 が上記制御装置 1 A により動作制御されて、直方体の物体 90 を把持してい
た手先効果器 56 a, 57 a の指が広げられるとともに、手先効果器 56 a, 5
7 a 間の間隔が広げられ、直方体の物体 90 が手先効果器 56 a, 57 a から解

放される。

次に、動作制御手段 5 b, 5 c, 5 d により実行される上記制御プログラムの動作ステップについて説明する。

まず、動作制御手段 5 b, 5 c が経路選定手段 2 b, 2 c にアーム 5 6, 5 7 の関節角度データの転送を要求する。関節角度データを要求された経路選定手段 2 b, 2 c は、入出力インターフェース 4 b, 4 c に、それぞれ対応するカウンタ 4 5 に入力されている関節角度データのデータ転送を要求し、カウンタ 4 5 に入力されていたアーム 5 6, 5 7 の各関節のエンコード値が入出力インターフェース 4 b, 4 c を介して経路選定手段 2 b, 2 c に返送され、経路選定手段 2 b, 2 c から動作制御手段 5 b, 5 c に各関節のエンコード値が現在の関節角度データ（関節変数ベクトル q_1 （アーム 5 6 の関節変数ベクトル）及びベクトル q_2 （アーム 5 7 の関節変数ベクトル））として転送される。なお、協調動作時には、力センサ 1 0 0 の出力値も入出力インターフェース 4 c を介して経路選定手段 2 c, 2 a, 2 b, 2 d に送られ、経路選定手段 2 c, 2 a, 2 b, 2 d から動作制御手段 5 c, 5 b, 5 d に入力される。

次いで、アーム 5 6, 5 7 の運動学計算に必要なヤコビ行列 J_{r1} , J_{r2} 等の計算が動作制御手段 5 b, 5 c により行われる。

次いで、転送されてきた現在の関節角度データである関節変数ベクトル q_1 及び関節変数ベクトル q_2 を使用して、アーム 5 6, 5 7 の手先効果器 5 6 a, 5 7 a の現在の手先位置・姿勢ベクトル r_1 , r_2 が動作制御手段 5 b, 5 c により計算される。

次いで、手先位置に関する位置サーボ補償入力値 u_{p1} , u_{p2} が下記の式（3 a）及び（3 b）、又は、式（4 a）及び（4 b）の各式を使って動作制御手段 5 b, 5 c により計算される。

独立動作の場合（手先効果器 5 6 a, 5 7 a が直方体の物体 9 0 の近傍に移動する場合、及び、手先効果器 5 6 a, 5 7 a により物体 9 0 を把持可能な位置まで手先効果器 5 6 a, 5 7 a を移動させる場合）

$$u_{p1} = J_{r1}^{-1} \left\{ K_{p1} (r_{1d} - r_1) + K_{v1} (\dot{r}_{1d} - \dot{r}_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (3a)$$

$$u_{p2} = J_{r2}^{-1} \left\{ K_{p2} (r_{2d} - r_2) + K_{v2} (\dot{r}_{2d} - \dot{r}_2) \right\} \quad \dots\dots\dots (3b)$$

協調動作の場合（手先効果器 56a, 57a により協調して把持された直方体の物体 90 の協調制御による運搬動作を行う場合）

$$u_{p1} = J_{r1}^{-1} \left\{ K_{pb} (r_{bd} - r_b) + K_{vb} (\dot{r}_{bd} - \dot{r}_b) \right\} - J_{r1}^T K_f \int_{t_0}^t (f_d - f) dt \quad \dots\dots\dots (4a)$$

$$u_{p2} = J_{r2}^{-1} \left\{ K_{pb} (r_{bd} - r_b) + K_{vb} (\dot{r}_{bd} - \dot{r}_b) \right\} - J_{r2}^T K_f \int_{t_0}^t (f_d - f) dt \quad \dots\dots\dots (4b)$$

5

ただし、 r_{1d} はアーム 56 の手先位置・姿勢ベクトルの目標値であり、 r_{2d} はアーム 57 の手先位置・姿勢ベクトルの目標値であり、 $r_b = \{r_1 + r_2\} / 2$ であり、 $r_{bd} = \{r_{1d} + r_{2d}\} / 2$ であり、 f は把持対象にかかる内力ベクトルであり、 f_d は内力ベクトルの目標値である。

10

予め、位置サーボ補償の目標値は認識・計画手段 6a で計算され、計算結果が共通記憶手段 7 に格納されているため、経路選定手段 2b, 2c を介して共通記憶手段 7 から動作制御手段 5b, 5c へ、格納されていた手先位置・姿勢ベクトルの目標値 r_{1d} , r_{2d} の取り込みが行われる。

次いで、制御実現のため、アーム 5 6, 5 7 に加えるべき駆動力ベクトル τ_1 , τ_2 が、運動方程式及び位置サーボ補償入力値ベクトル u_{p1} , u_{p2} より、下記の式 (5) を使い動作制御手段 5 b, 5 c により計算されて駆動力値が求められる。

$$\tau_1 = K_T u_{p1}$$

$$\tau_2 = K_T u_{p2}$$

..... (5)

ただし、 K_T はトルク係数行列である。

次いで、先に動作制御手段 5 b, 5 c により計算された駆動力値ベクトル τ_1 , τ_2 が、動作制御手段 5 b, 5 c の各外部入出力用シリアルポート 5 4 より駆動力指令値として出力される。駆動力指令値を受け取った経路選定手段 2 b, 2 c は、入出力インターフェース 4 b, 4 c に駆動力指令値を転送し、駆動力指令値が入出力インターフェース 4 b, 4 c を介してそれぞれの D/A コンバータ 4 2 に入力され、それぞれの D/A コンバータ 4 2 によりデジタル信号の駆動力指令値が電圧指令値に変換されて、それぞれの D/A コンバータ 4 2 からそれぞれの入出力インターフェース 4 b, 4 c を介してそれぞれ出力される。電圧指令値を入出力インターフェース 4 b, 4 c から受けたそれぞれのモータドライバ (図 3 のモータドライバ 4 3 a ~ 4 3 d 参照) は、アーム 5 6, 5 7 の各関節や手先効果器 5 6 a, 5 7 a に駆動力を発生させる。

動作制御手段 5 b, 5 c では、以上の計算処理ループが実行されることでソフトウェアフィードバック制御系が構成され、例えば 1 m s e c といった決まった時間間隔で、関節角度データの取り込み、及び、駆動力指令値の出力が実行され、実時間の制御が実現される。

このようにして求められて出力される駆動力値に基づき、上記したアーム 5 6, 5 7 及び車輪 5 8 の動作が制御される。

上記した図 8 A に示す分散制御系では、例えば、経路選定手段 2 a のように動作制御手段 5 b, 5 c, 5 d に直接接続せず、第 2 ~ 4 分散制御装置 1 b, 1 c、及び 1 d の複数のブロックと接続している経路選定手段 2 b, 2 c、及び 2 d の転送動作が重要となる。例えば、上記したように 2 本のアーム 5 6, 5 7 の手先

効果器 56 a, 57 a で協調して 1 つの物体を把持する場合、2 本のアーム 56, 57 には幾何学的な拘束関係が生じるため、この拘束関係を考慮した制御を行わなければならない。また、把持した物体 90 には 2 本のアーム 56, 57 の手先効果器 56 a, 57 a がお互いに押し合ったり、あるいは、引き合ったりすることにより内力が生じるため、この内力を考慮した制御を行わなければならない。こうした協調制御を実現するためには、式 (4 a), (4 b) 式の計算が必要であり、式 (3 a), (3 b) はそれぞれ独立した式であるが、式 (4 a), (4 b) とは共通した値があるため、その値のやり取りが動作制御手段 5 b と 5 c との間で必要であり、そのため、それぞれの手先効果器 56 a, 57 a を含むアーム 56, 57 を制御する第 2, 3 分散制御装置 1 b 及び 1 c の連携がリアルタイムで行われなければならない。

上記リアルタイムの連携を実現するため、本発明に係る第2実施形態では、動作制御手段5b、5c、5dでは、動作制御手段5b、5c、5dから出力するデータの中に優先順位データを埋め込んで出力する。例えば、動作制御手段5b、5c、5dと他の手段などとの間の接続がシリアル伝送線路で構成されている場合には、パケットデータのブロックの一部分に優先順位データを埋め込むことができる。経路選定手段2a、2b、2c、2d、2eは、動作制御手段5b、5c、5dから送信されてくるデータ内の優先順位データ部分を参照し、そのデータを優先して転送すべきかどうかを判断する。それぞれの経路選定手段2a、2b、2c、2d、2eでは、データ内の優先順位データ部分の優先順位同士をそれぞれ比較して、優先順位の高いほうのデータ転送を優先し、優先順位の低いほうのデータの転送を、第1実施形態と同様に、一時中止又は待機させる。優先順位の高いほうのデータ転送が終了すると、優先順位の低いほうのデータの転送を行う。パケットデータのブロックの一部分に優先順位データを埋め込む一例としては、パケットを構成するビット列を、前方より、ヘッダを表すビット列、転送元IDを表すビット列、転送先IDを表すビット列、優先順位データを表すビット列、データの種別を表すビット列、転送データを表すビット列、パケットの終端を表すビット列が順番に並んだ構成とすることが考えられる。

以上のようなデータ転送の優先順位制御を行うことにより、2本のアーム56、

5 7の協調動作や、自律移動ロボット55が移動しながらアーム56, 57で物体90を把持するときのアーム56, 57と車輪58, 58の協調動作など、より高度な制御を安定して行うことが可能となる。

さらに、図8Aに示すように、本発明に係るロボット制御装置1Aでは、経路
5 選定手段2a, 2b, 2c, 2d, 2eをノードとして各ブロックを接続することができ、分散制御系を容易に構成することができるという特徴がある。また、各ブロック間の通信をシリアル通信で行えば、自律移動ロボット55体内の配線を簡素にすることができる。また、経路選定手段2a, 2b, 2c, 2d, 2e
10 をノードとして接続を拡張していけば、個々の動作制御手段5b, 5c, 5dや認識・計画手段6a, 6e等の構造を改変することなく機能の拡張が可能となり、例えば、画像認識に加え、音声認識機能を追加するなど、容易に制御の高度化が可能となる。

一例として、音声認識機能を図8Aのロボット制御装置に追加する具体例を以下に説明する。第6分散制御装置として機能する音声認識機能ブロック1fは、
15 図14に示すように、音声入力装置の一例としてのマイク62と、マイク62に接続された入出力インターフェース61と、認識・計画手段6fと、認識・計画手段6fと入出力インターフェース61とにそれぞれ接続されるとともに他の経路選定手段（例えば2e）にも接続された経路選定手段2fとより構成することができる。経路選定手段2a～2eはそれぞれノードの役割をするため、音声認識機能ブロック1fの経路選定手段2fは、経路選定手段2eに限らず、他のどの経路選定手段に接続してもよい。また、図14に示すように、音声認識機能ブロック1fのような音声認識専用ブロックを設けるのではなく、第5分散制御装置1eのカメラやセンサ59のうちのセンサの1つをマイクとして、認識・計画
20 手段6eにてマルチタスクで音声認識プログラムを実行するという構成も可能である。

（第2-A実施形態）

第2-A実施形態として図8Aに示す第2実施形態と同様の構成で、経路選定手段がデータ転送路のクロック速度を制御できる場合の動作について説明する。第2実施形態で説明したようにアーム56とアーム57が独立して動作する場合

と、協調して動作する場合で経路選定手段 2 a、2 b、2 c が転送しなければならないデータ量は異なる。これに対し、第 2-A 実施形態では、アームを協調動作させるときにはアームを独立動作させるときに比べて、データ転送路のクロック速度を、例えば 2 倍、3 倍といった整数倍で上昇させるよう動作する。クロック速度の制御は、動作計画を行う認識・計画手段が行い、協調動作を計画したときに経路選定手段にクロック制御指令を転送し、クロック速度が制御される。このように、クロック速度が制御されることで、データ転送速度をあまり必要としないアームの独立動作時には低速クロックで低消費電力の動作をし、アームの協調動作時には高速クロックでアーム間の連携を確実にし、協調動作を実現する。

また、画像認識を行うためにカメラ・センサ 5 9 より認識・計画手段 6 e にデータを転送する経路選定手段 2 e に関してもまた、画像認識を行うときのみ高速クロック動作させることにより低消費電力の動作が実現する。

(第 3 実施形態)

図 9 A は本発明の第 3 実施形態におけるロボット制御装置 1 B の構成を示す図である。図 9 A に示すように、第 3 実施形態のロボット制御装置 1 B は、2 つの部分、制御対象 3 の一例である移動ロボット 1 8 に配置される可動側制御装置 1 1 a と、固定体 1 8 b に配置される固定側制御装置 1 1 b とに分離された構造となっている。図 9 B に示すように、移動ロボット 1 8 への応用の場合に、リアルタイム性に影響する部分を可動側制御装置 1 1 a にまとめて移動ロボット 1 8 のロボット本体に搭載し、その他の非リアルタイムの部分を固定側制御装置 1 1 b にまとめ、移動ロボット 1 8 のロボット本体外の固定制御部 1 8 a に据え置きにし、可動側及び固定側経路選定手段 1 2 a、1 2 b 間の通信をアンテナ 2 0 a、2 0 b 間の無線にすることにより、機動性が高く、知能的機能も高い移動ロボット 1 8 を容易に構成することができる。

具体的には、可動側制御装置 1 1 a は、アンテナ 2 0 a が接続される第 1 無線通信手段 1 1 0 と、第 1 無線通信手段 1 1 0 に接続される可動側経路選定手段 1 2 a と、可動側経路選定手段 1 2 a に接続される入出力インターフェース 1 4 と、可動側経路選定手段 1 2 a に接続される動作制御手段 1 5 とを備えて、リアルタイム性に影響する部分を構成している。経路選定手段 1 2 a は、先の実施形態の

経路選定手段 2 と同様な構成を有して同様な機能を基本的に行うものである。入出力インターフェース 1 4 は、先の実施形態の入出力インターフェース 4 と同様な構成を有して同様な機能（すなわち、各関節のモータをそれぞれ独立的に駆動する機能）を基本的に行うものであり、左右の車輪 1 3, 1 3 の駆動装置の一例としてのモータ 1 3 a, 1 3 a とエンコーダ 1 3 b, 1 3 b とが接続されて、モータ 1 3 a, 1 3 a に駆動信号をそれぞれ独立して出力する一方、モータ 1 3 a, 1 3 a のそれぞれの回転軸（又は車輪 1 3, 1 3 の車軸）の回転角度を検出するエンコーダ 1 3 b, 1 3 b からの回転角度検出信号が入力されるようにしている。また、動作制御手段 1 5 は、先の実施形態の動作制御手段 5 と同様な構成を有して同様な機能を基本的に行うものであって、OS（オペレーティングシステム）を搭載せず、左右の車輪 1 3, 1 3 の動作制御のためのプロセス（例えば、左右の車輪 1 3, 1 3 の動作制御を行うための実時間の計算）がシングルトaskで実行されている。

固定側制御装置 1 1 b は、アンテナ 2 0 b が接続される第 2 無線通信手段 1 1 1 と、第 2 無線通信手段 1 1 1 に接続される固定側経路選定手段 1 2 b と、固定側経路選定手段 1 2 b に接続されるとともにカメラ 1 9 が接続される入出力インターフェース 1 7 と、固定側経路選定手段 1 2 b に接続される認識・計画手段 1 6 とを備えて、その他の非リアルタイムの部分構成している。経路選定手段 1 2 b は、先の実施形態の経路選定手段 2 と同様な構成を有して同様な機能を基本的に行うものである。認識・計画手段 1 6 は、先の実施形態の認識・計画手段 6 と同様な構成を有して同様な機能を基本的に行うものであって、マルチタスクの OS を搭載し、移動ロボット 1 8 の 2 つの車輪 1 3, 1 3 の動作の計画や判断のためのプロセス、及び、画像認識のための画像認識プロセスが時分割のマルチタスクで実行されるようになっている。画像認識プロセスの一例としては、入出力インターフェース 1 7 に接続されたカメラ 1 9 より取り込んだ画像を元に移動ロボット 1 8 の位置、姿勢を認識し、認識結果のデータは、移動ロボット 1 8 の絶対座標系の位置・姿勢データとしてプロセス間通信により作業計画プロセスに引き渡すような処理である。

上記第 1, 第 2 無線通信手段 1 1 0, 1 1 1 は、経路選定手段 1 2 b, 1 2 a

から送られてくるデジタルデータに変調をかけることによりアナログの電波として送信、及びアナログの電波を受信し、復調することでデジタルのデータを得るための手段であり、それぞれ、ベースバンド回路やRF回路から構成される。また、無線通信方式としては、スペクトラム拡散方式などが適している。

5 上記作業計画プロセスで計画された目標軌道データは、経路選定手段12bにより第2無線通信手段111に転送され、第2無線通信手段111により変調された後、電波として送信される。固定側制御装置11aで受信された電波は、第1無線通信手段110により目標軌道データとして復調される。復調された目標軌道データは、経路選定手段12aの記憶手段に一時的に格納され、時間的な緩衝をとった後、動作制御手段15に転送される。

10 上記した図9Aに示す分散制御系では、電波状況が悪いときには第1、第2無線通信手段110、111間の無線通信において送信エラーが頻発し、再送が繰り返され、転送待ちが発生するという問題に対応しなければならない。そういった状況においても、安定した実時間制御を可能とするために、経路選定手段12aは、動作制御手段15と入出力インターフェース14間のデータ転送を優先する。また、送信エラーが頻発し、目標軌道データが得られず、時間的な緩衝がとれなくなった際には、逆に、第2無線通信手段110からのデータ転送を優先し、動作制御手段15は制御周期を遅くし、かつ、移動ロボットの速度を遅くするか、静止させ、動作が不安定になるのを防止する。

20 以上のようなデータ転送の優先順位制御を行うことにより、より高度な制御を安定して行うことが可能となる。

25 また、経路選定手段12a、12bをノードとして接続を拡張していけば、動作制御手段15や認識・計画手段16等の構造を改変することなく機能の拡張が可能となり、例えば、画像認識に加え、音声認識機能を追加したり、移動ロボット18が掃除ロボットの場合には吸引動作機能を追加するなど、容易に制御の高度化が可能となる。

 なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の態様で実施できる。

 例えば、上記第1、2及び3実施形態では、認識・計画手段での画像認識のた

めの画像データの転送を例としたが、これに限られるわけではなく、音声認識のための音声データの転送、通信ネットワークを介してのロボットの遠隔操縦のためのデータ（動作指令データや力覚フィードバックデータ）の転送であっても同様の効果を発揮する。

5 また、上記第1、2及び3実施形態ではアーム型ロボット及び車輪移動ロボットを制御対象としたが、これに限られるわけではなく、所定の動作を行わせるアクチュエータを有する装置、例えば、アーム型ロボット及び車輪移動ロボット以外の人間型2足歩行ロボットや4足歩行ロボット、あるいは電子部品実装機やNC工作機械、さらには自動車（エンジン制御、トランスミッション制御、ABS
10 制御、アクティブサスペンション制御等）等の輸送機械といった機構制御の分野で同様の効果を発揮することは言うまでもない。

 また、経路選定手段は、常に、動作制御手段との間のデータ転送を優先させるのではなく、例えば、危険回避動作などのロボットの動作障害の程度に応じて、優先順位を変更するようにしてもよい。例えば、危険回避動作のデータ転送は
15 他の全てのデータ転送に対して優先させ、その他のデータ転送は、先に経路選定手段に入ったものから転送するようにしてもよい。

 また、データ転送優先順位の情報を経路選定手段に対して一旦設定したのち、データ転送優先順位の変更情報入力可能として、使用環境の変化、状況の変化などの制御状況に応じて、データ転送優先順位を変更可能としてもよい。

20 なお、上記動作制御手段でのリアルタイム処理とは、ある一定の微小な時間間隔（例えば1msec） Δt （制御周期）で制御のための指令が出力され、制御対象の状態データ（関節角データなど）が入力される処理であり、機構のフィードバックによる動作制御を実現するために必須の処理である。また、上記非動作
25 制御手段での作業計画とは、上記のある一定の微小な時間間隔 Δt のような時間的拘束を行わない処理を意味する。一例として、図15において、状態入力があると同時に所定の計算処理が行なわれ、その計算結果が指令出力として出力される場合、指令出力すなわち動作制御のための計算処理は、必ず時間間隔 Δt 内で終了することとし、時間間隔 Δt 内で計算処理が早く終わると、指令出力までの時間は余裕時間となる。このように、リアルタイム処理とは、入力と出力とが

必ず時間間隔 Δt ごとに実行される処理のことを意味する。

なお、上記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

5 本発明のロボット制御装置によれば、各手段など、例えば、動作制御手段、認識・計画手段、入出力インターフェースなどの間の接続を切り換えることで通信を制御する経路選定手段を設けることにより、システムの拡張性を確保しつつ、各手段などの間の接続を簡素な構造にでき、かつ、各手段などの間の通信を転送待ちの発生が少なくなるよう切り換え制御することができ、制御の高度な知能化のために必要な画像などの大容量データを簡素な構造でリアルタイム性を確保し
10 つつ扱うことのできるロボット制御装置を提供することができる。

また、CPUの演算処理能力が高速であり、自由度数が、例えば3以下のロボットアームの制御等、複雑な制御が必要ない場合には、動作制御手段を非リアルタイム処理手段で構成しても動作制御は可能である。この場合には、動作制御手段として汎用のマルチタスクOSが搭載されたCPUボード等の使用が可能であり、システムの構築や制御プログラムの作成が容易であるという利点を有する。
15

また、認識・計画手段をリアルタイム手段で実現することも可能であり、その場合にはOSを搭載しない小規模なCPUボードや、小規模なリアルタイムOSを搭載したCPUボード等、簡素なシステムとすることができる。また、特に、動作計画をリアルタイム処理手段で実現する場合には、リアルタイムに目標軌道の生成が可能となり、動作制御を安定して行うことができる。
20

第1経路選定手段および第2経路選定手段のように複数の経路選定手段を有することにより、図8Aに示すロボットのように1a、1b、1c、1d、1eの複数の分散制御装置を有する構成や、図9Aに示すロボットのように制御装置が分離した構成を容易に構築することができる利点を有する。

25 また、本発明のロボット制御装置は、実時間制御を実現するための計算処理を行う動作制御手段と、知能処理を実現するための計算処理を行う認識・計画手段と、制御対象への指令を出力し、制御対象の状態を入力するための入出力インターフェースと、上記動作制御手段、上記認識・計画手段及び上記入出力インターフェース間の接続を切り換えることで通信を制御する経路選定手段とを備える。

これにより、システムの拡張を行うときには経路選定手段に新たな手段を接続するだけでよいといった、システムの拡張性を確保しつつ、各手段などの間の接続を簡素な構造にすることができ、かつ、各手段などの間の通信を転送待ちの発生が少なくなるよう切り換え制御することができる。

5 上記経路選定手段は、上記動作制御手段からの転送要求を優先するよう動作することで、動作制御手段の実時間性を確保することができる。

また、上記経路選定手段は、記憶手段を有するとともに、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と入出力インターフェースと、上記経路選定手段とが互いにシリアル伝送路により接続されるようにすることにより、上記経路選定手段の記憶手段で、転送すべきデータのうち待機させられるデータが経路選定手段の記憶手段に記憶されて待避させられることにより、上記動作制御手段と上記認識・計画手段間の時間的な緩衝をとることができるようになる。

10

また、本発明のロボット制御装置は、実時間制御を実現するための計算処理を行う動作制御手段と、知能処理を実現するための計算処理を行う認識・計画手段と、上記動作制御手段と上記認識・計画手段間の時間的な緩衝をとる共通記憶手段と、制御対象への指令を出力し、制御対象の状態を入力するための入出力インターフェースと、上記動作制御手段、上記認識・計画手段、上記共通記憶手段及び上記入出力インターフェース間の接続を切り換える経路選定手段とを備える。

15

これにより、実時間の制御を実行しながら、知能処理を並列して実行することができる。

20

なお、上記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形や修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

25

請 求 の 範 囲

1. 制御対象（3）の動作制御を実現するための計算処理を行う動作制御手段（5, 5 b, 5 c, 5 d）と、

5 上記制御対象の作業・動作計画や外界認識を行う認識・計画手段（6, 6 a, 6 e, 1 6）と、

上記制御対象への指令を出力し、上記制御対象の状態を入力するための入出力インターフェース（4, 4 b, 4 c, 4 d, 1 4）と、

10 上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御する経路選定手段（2, 2 a, 2 b, 2 c, 2 d, 1 2 a, 1 2 b）とを備えて、

15 上記経路選定手段で、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御しながら、上記制御対象の上記作業・動作計画及び上記外界認識の結果に基づいて上記制御対象であるロボットの動作を制御するロボット制御装置。

2. 制御対象（3）の動作制御を実現するための演算処理を行う動作制御手段（5 b, 5 c, 5 d）と、

上記制御対象の作業・動作計画や外界認識を行う認識・計画手段（6 a）と、

20 上記制御対象への指令を出力し、上記制御対象の状態を入力するための入出力インターフェース（4 b, 4 c, 4 d）と、

上記認識・計画手段と接続される第1経路選定手段（2 a）と、

上記動作制御手段と上記第1経路選定手段と上記入出力インターフェースと接続される第2経路選定手段（2 b, 2 c, 2 d）とを備えて、

25 上記第1経路選定手段は、上記第2経路選定手段と上記認識・計画手段との接続を切り換えることで通信を制御するとともに、上記第2経路選定手段は、上記認識・計画手段と上記第1経路選定手段と上記入出力インターフェースとの接続を切り換えることで通信を制御しながら、上記制御対象の上記作業・動作計画及び上記外界認識の結果に基づいて上記制御対象であるロボットの動作を制御するロボット制御装置。

3. 上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する機能を有して、上記経路選定手段により、上記データ転送の優先順位に従って上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした請求項1又は請求項2に記載のロボット制御装置。
- 5 4. 上記経路選定手段は、上記制御対象の制御状況に応じてデータ転送の優先順位を制御して、上記経路選定手段により、上記制御対象の制御状況に応じて上記データ転送の優先順位に従って上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした請求項3に記載のロボット制御装置。
- 10 5. 上記経路選定手段は、転送データ中に埋め込まれた優先順位データによりデータ転送の優先順位を制御する請求項3に記載のロボット制御装置。
6. 上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する際に、非優先データの転送を一時停止するよう動作する請求項3に記載のロボット制御装置。
- 15 7. 上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する際に、非優先データの間引きを実行するよう動作する請求項3に記載のロボット制御装置。
8. 上記経路選定手段は、データ転送容量の占有率を制御する機能を有して、上記経路選定手段により、上記データ転送容量の占有率に従って上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした請求項1又は請求項2に記載のロボット制御装置。
- 20 9. 上記経路選定手段は、上記制御対象の制御状況に応じて上記データ転送容量の上記占有率を制御して、上記経路選定手段により、上記制御対象の制御状況に応じて上記データ転送容量の上記占有率に従って上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えて通信を制御するようにした請求項8に記載のロボット制御装置。
- 25 10. 上記経路選定手段は、転送データ中に埋め込まれた占有率データにより上記データ転送容量の上記占有率を制御する請求項8に記載のロボット制御装置。
11. 上記経路選定手段は、データ転送のクロック速度を制御する機能を有して、上記制御対象の制御状況に応じて上記データ転送のクロック速度を変化させ、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記入出力インターフェースとの間の

接続を切り換えて通信を制御するようにした請求項 1 又は請求項 2 に記載のロボット制御装置。

1 2. 上記制御対象の制御状況は制御誤差である請求項 4、請求項 9、又は請求項 1 1 に記載のロボット制御装置。

5 1 3. 上記制御対象の制御状況は制御目標値である請求項 4、請求項 9、又は請求項 1 1 に記載のロボット制御装置。

1 4. 上記経路選定手段は、データ転送要求を告知するための専用信号線を有する請求項 4～7 のいずれか 1 つに記載のロボット制御装置。

10 1 5. 上記経路選定手段は、上記動作制御手段と上記認識・計画手段間の時間的な緩衝をとる記憶手段（2 3）を有して、

上記経路選定手段は、上記動作制御手段と上記認識・計画手段と上記共通記憶手段と上記入出力インターフェースとの間の接続を切り換えることで通信を制御する請求項 1 又は 2 に記載のロボット制御装置。

15 1 6. 上記経路選定手段は、データ転送の優先順位を制御する際に、非優先データを上記記憶手段に待避するよう動作する請求項 9 に記載のロボット制御装置。

1 / 13

図1

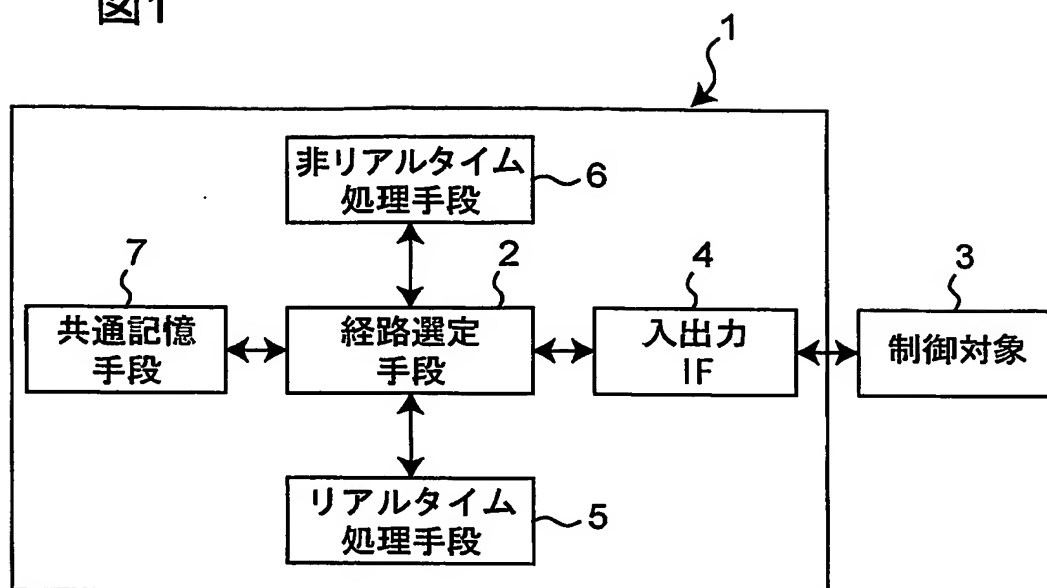


図2

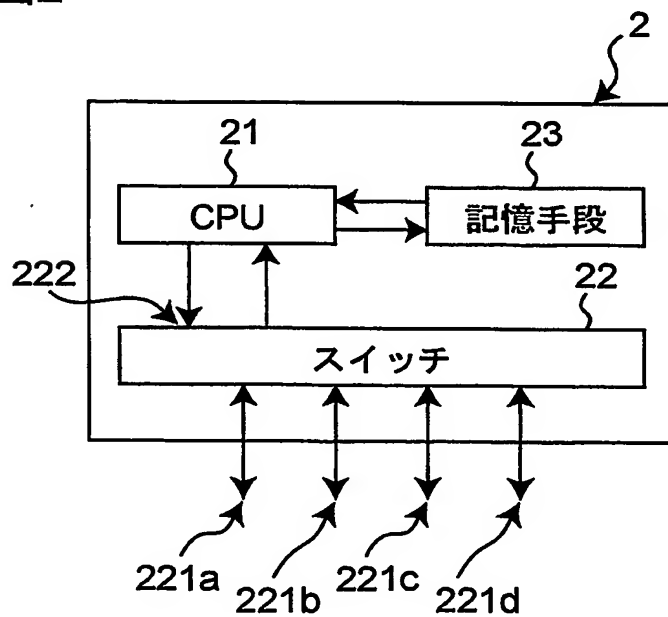


図3

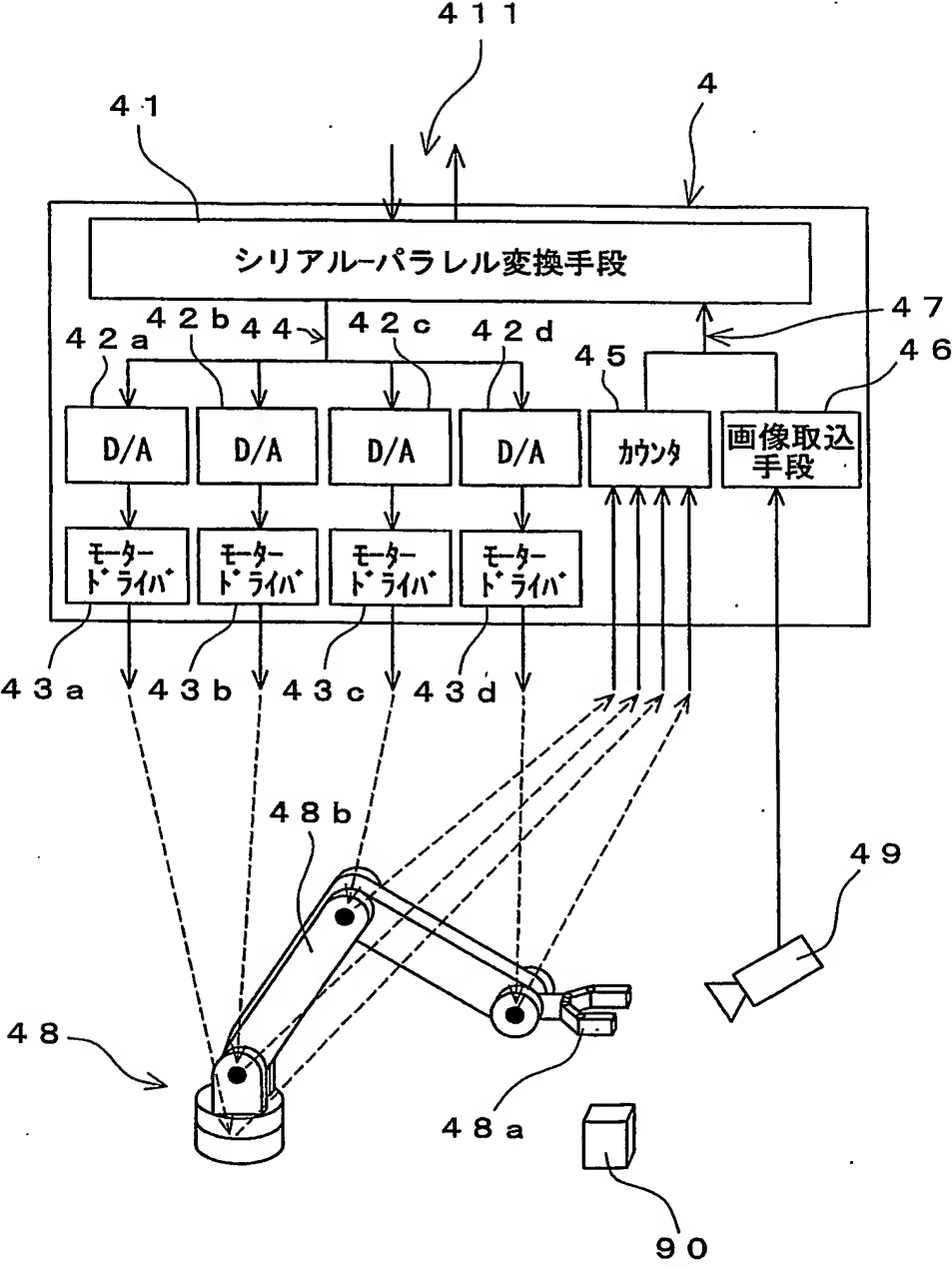
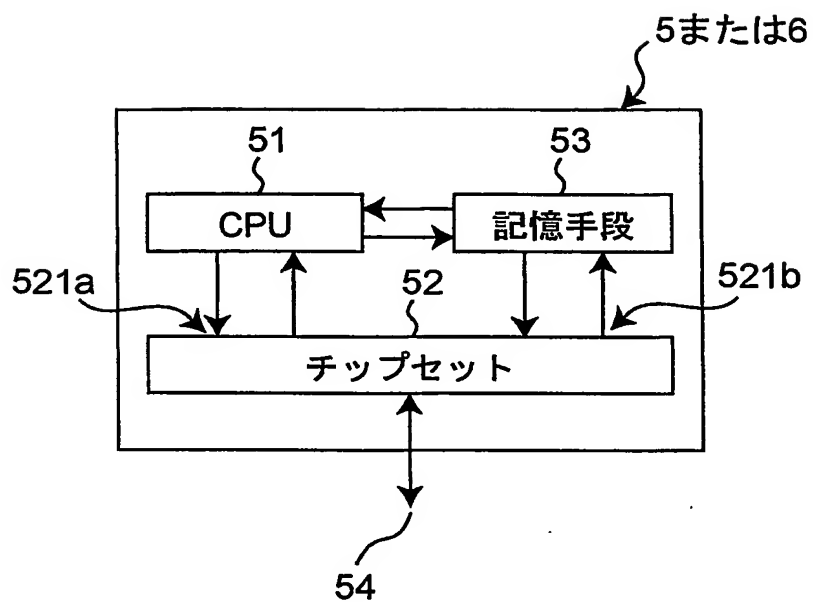
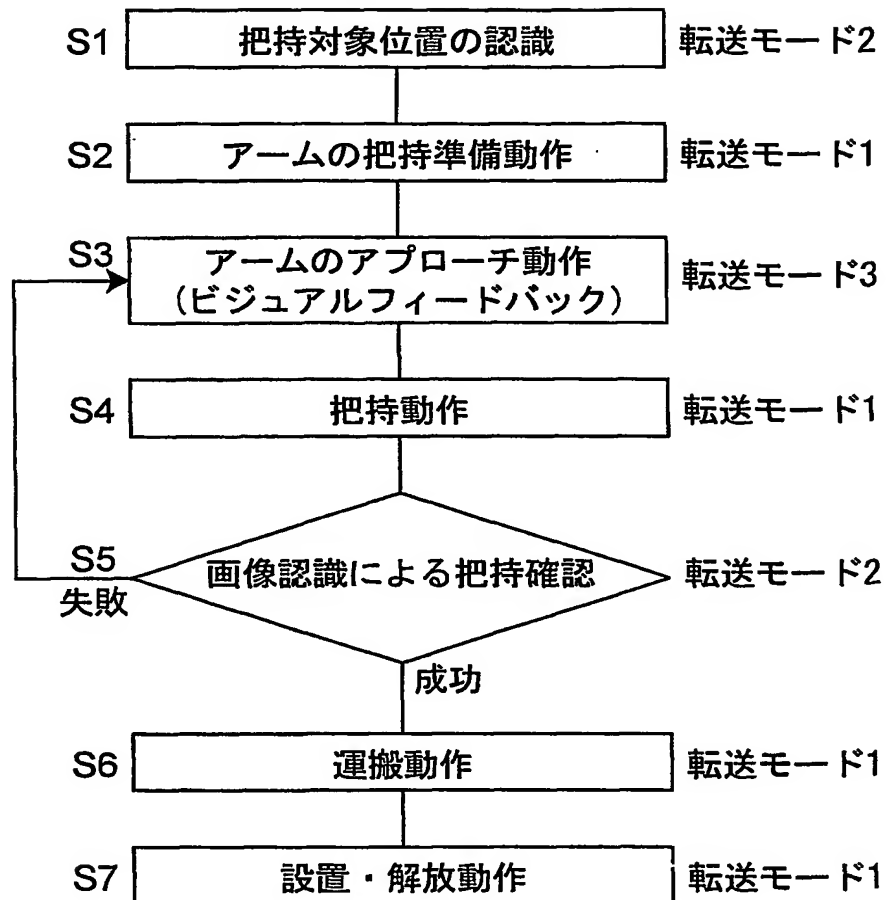


図4



4 / 13

図5

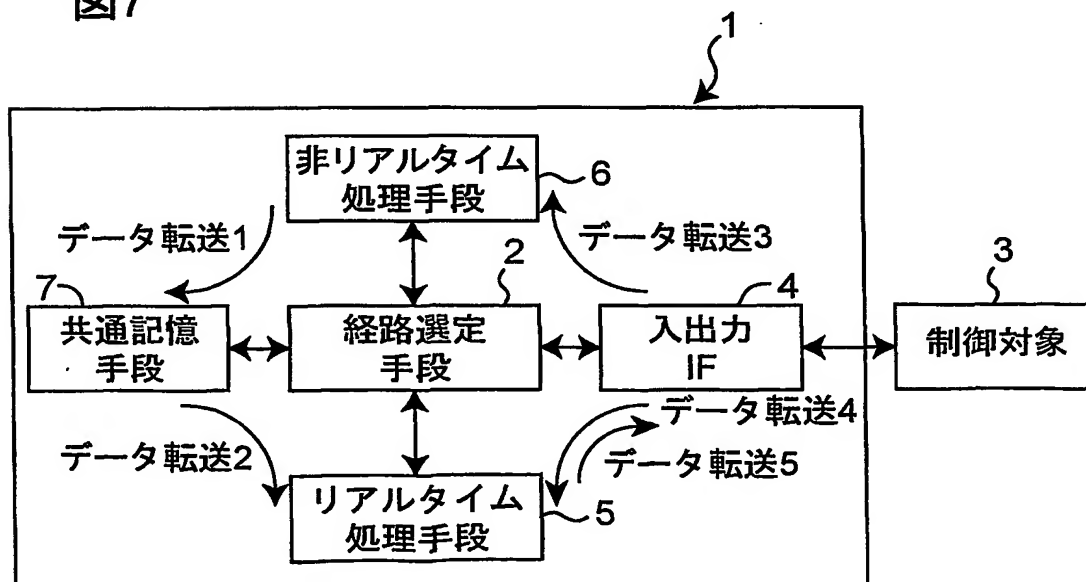


5 / 13

図6



図7



6/13

図8A

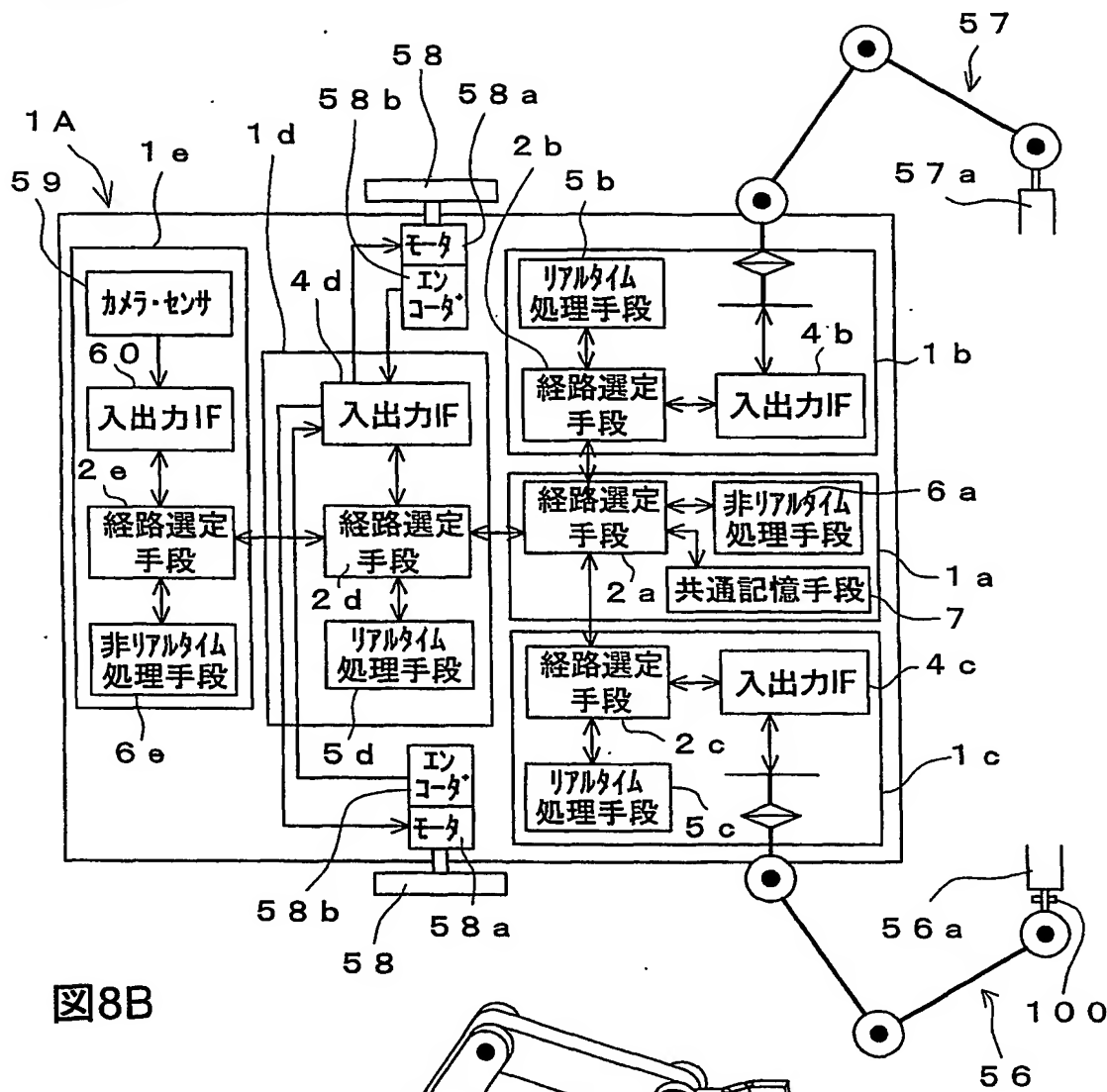
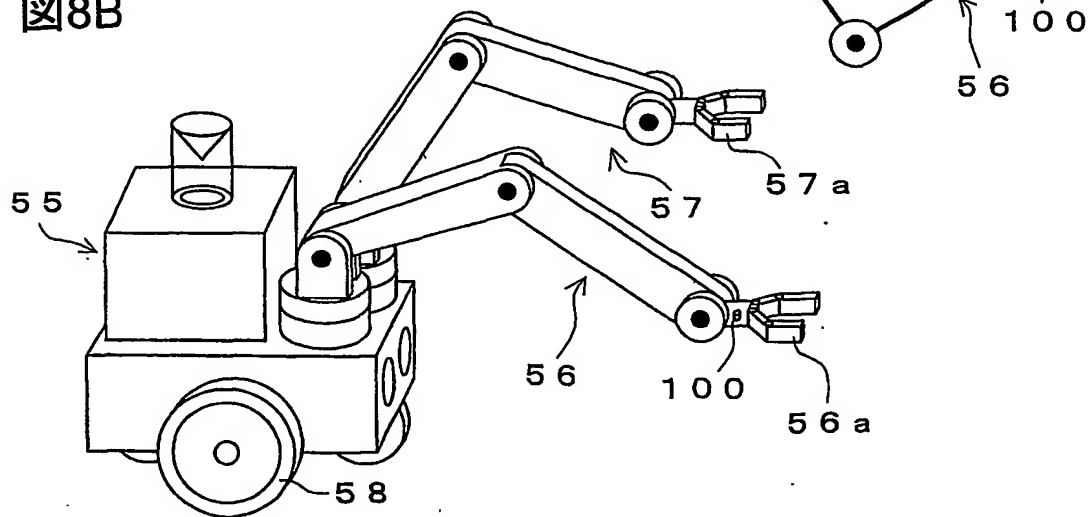


図8B



7/13

図9A

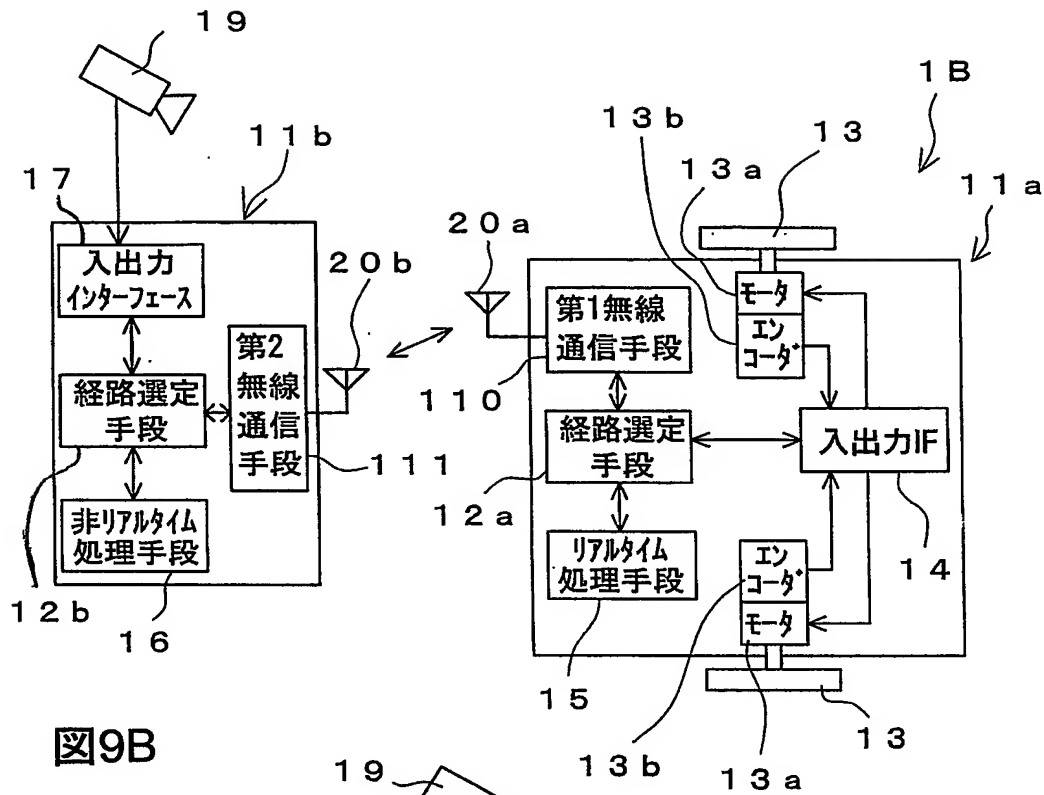
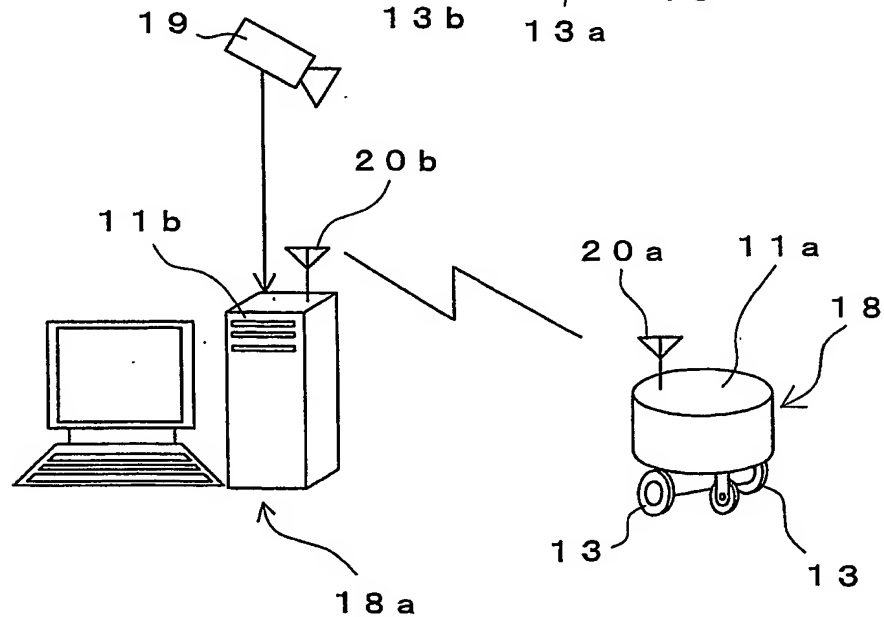


図9B



8/13

図10

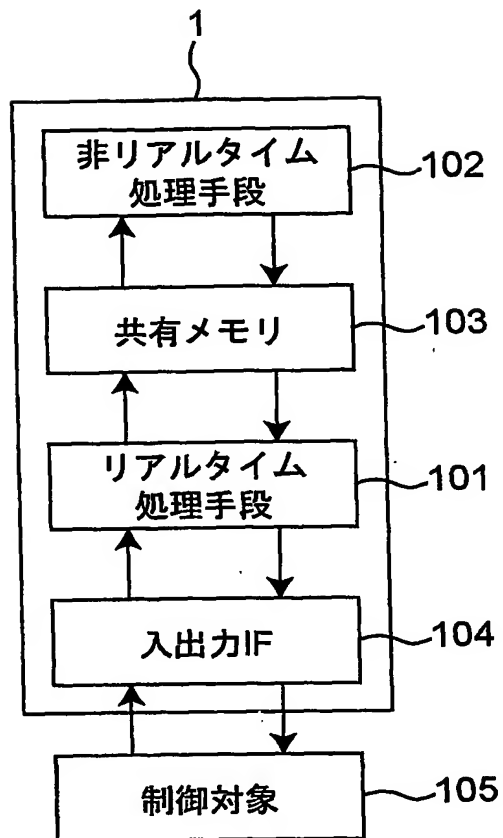
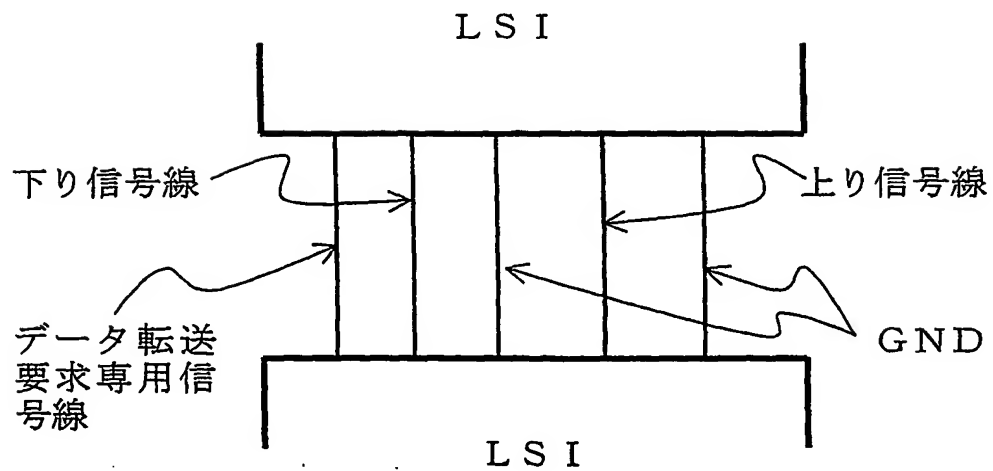


図11



9/13

図12A

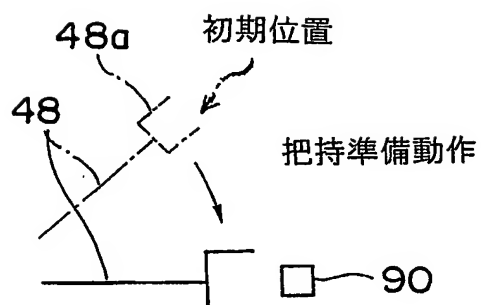
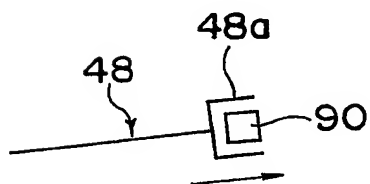


図12B



アプローチ動作

図12C

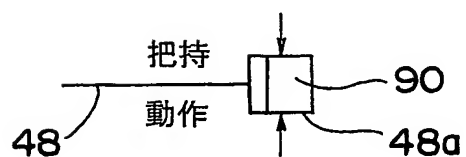


図13A

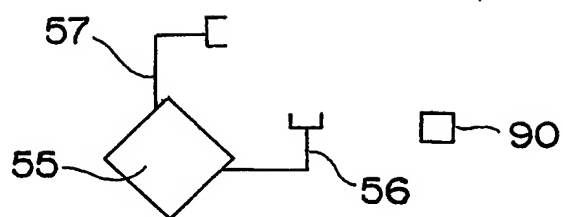


図13B

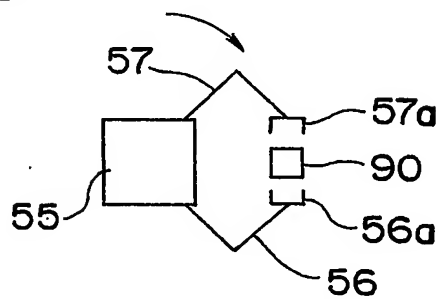


図13C

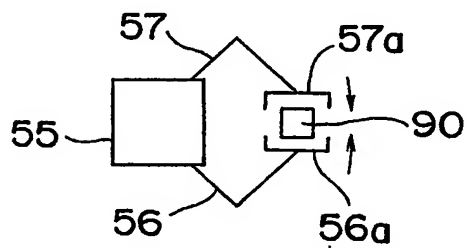
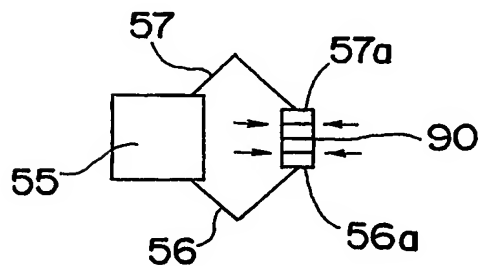


図13D



11/13

図 14

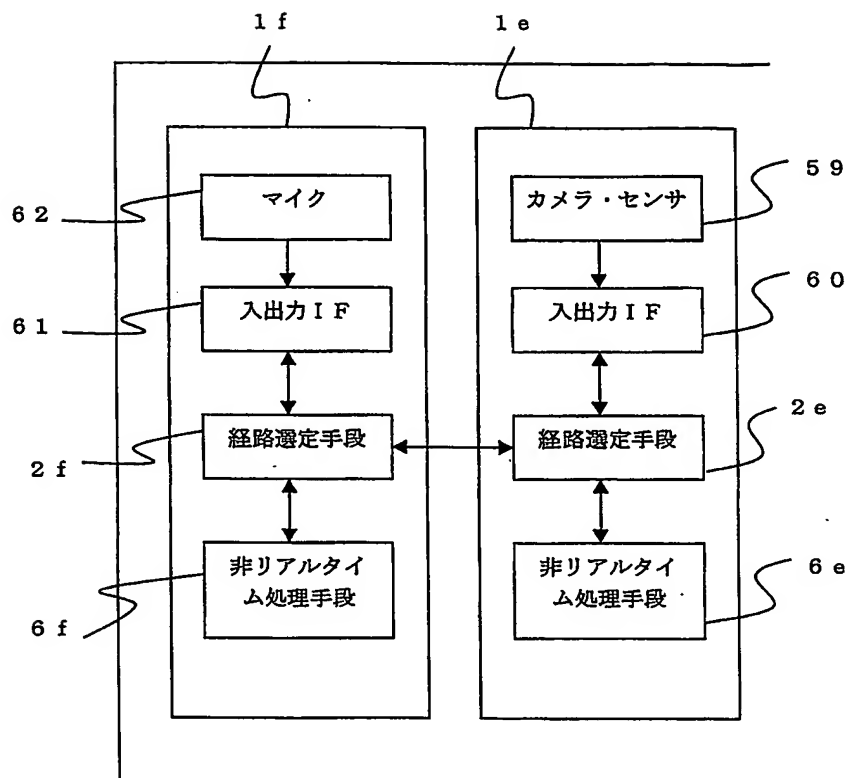


図15

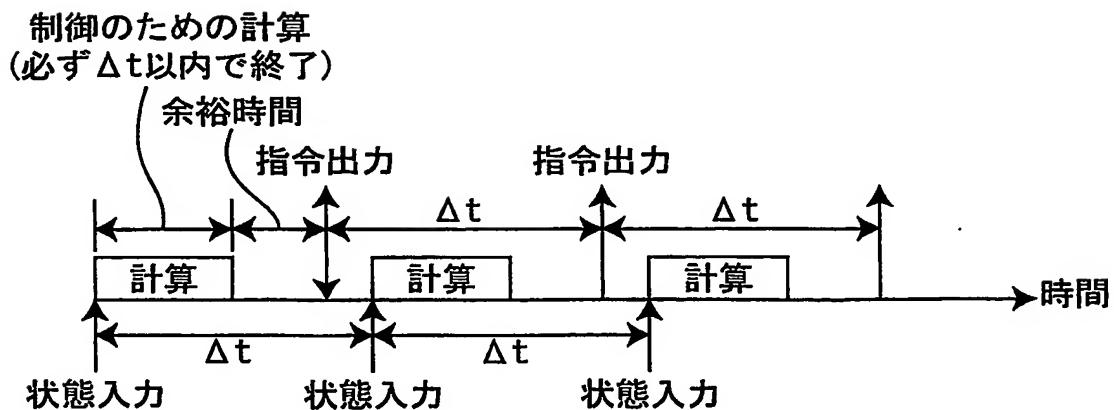


図 16

	転送先	転送先	データ種	優先データ		
				モード 1	モード 2	モード 3
データ転送1	非リアルタイム処理手段→リアルタイム処理手段		目標軌道データ			
データ転送2	共通記憶手段→リアルタイム処理手段		目標軌道データ	○		
データ転送3	入出カウンタフェース → 非リアルタイム処理手段		画像データ		○	
データ転送4	入出カウンタフェース → リアルタイム処理手段		関節角度データ	○		
データ転送5	リアルタイム処理手段 → 入出カウンタフェース		駆動力値指令データ	○		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B25J13/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B25J13/00, H04L12/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-290060 A (Honda Motor Co., Ltd.), 18 October, 1994 (18.10.94), Full text & GB 94/04819 A0 & US 5621672 A1	1-16
Y	JP 5-503821 A (LENNARTSSON, Kent), 17 June, 1993 (17.06.93), Full text & WO 91/10960 A1	1-16
Y	JP 7-312614 A (Brother Industries, Ltd.), 28 November, 1995 (28.11.95), Full text (Family: none)	1-5, 9-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 March, 2004 (23.03.04)Date of mailing of the international search report
06 April, 2004 (06.04.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.


INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15834

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-36897 A (Toshiba Corp.), 07 February, 1997 (07.02.97), Full text (Family: none)	1-5, 8-16
Y	JP 3-222542 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 01 October, 1991 (01.10.91), Full text (Family: none)	1-3, 6, 11-16
Y	JP 6-334705 A (Yamaha Corp.), 02 December, 1994 (02.12.94), Full text (Family: none)	1-3, 6, 11-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ B25J 13/00		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ B25J 13/00 H04L 12/40		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-1998年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年		
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 6-290060 A (本田技研工業株式会社) 1994. 10. 18, 全文&GB 94/04819 A0&US 562 1672 A1	1-16
Y	J P 5-503821 A (レンナートソン, ケント) 199 3. 06. 17, 全文&WO 91/10960 A1	1-16
Y	J P 7-312614 A (ブラザー工業株式会社) 1995. 11. 28, 全文 (ファミリーなし)	1-5, 9- 16
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列举されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 23. 03. 2004	国際調査報告の発送日 06. 4. 2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 佐々木 正章  3 C 9133 電話番号 03-3581-1101 内線 3324	

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 9-36897 A (株式会社東芝) 1997. 02. 07, 全文 (ファミリーなし)	1-5, 8-16
Y	J P 3-222542 A (松下電工株式会社) 1991. 10. 01, 全文 (ファミリーなし)	1-3, 6, 11-16
Y	J P 6-334705 A (ヤマハ株式会社) 1994. 12. 02, 全文 (ファミリーなし)	1-3, 6, 11-16